

العلم والبحث
عن المعنى الجوهري

تأليف: بول ديفيز

ترجمة: احمد رمو

مراجعة: حيدر الجردي

عبد الحميد رمو


http://www.al-maktabeh.com

العلـم والبحـث
عن المعنى الجوهري


al-maktabeh
www.
.com
مكتبة
المهتدين

العلم والبحث عن المعنى الجوهري

تأليف : بول ديفيز

ترجمة : أحمد رمُو

مراجعة: حيدر الجردي

عبد الحميد رمُو

منشورات الهيئة العامة السورية للكتاب

وزارة الثقافة – دمشق 2008

العنوان الأصلي للكتاب:

The

mind of

God

Science and search

For ultimate meaning



العليم والبحث عن المعنى الجوهري = The Mind of god / تـــأليف بـــول ديفيز ؛ ترجمة أحمد رمو ؛ مراجعة حيدر الجردي ، عبد الحميد رمو .- دمشق: الهيئة العامة السورية للكتاب، ٢٠٠٨ .- ٢٩٥ ص؛ ٢٤ سم.

١- ١١١ د ي ف ع ٢- ١٢٨ د ي ف ع

٣- العنوان ٤- ديفيز ٥- رمـــو

مكتبة الأسد

تعريف بالمؤلف

بول ديفيز أستاذ الفلسفة الطبيعية في جامعة آدلايد. حصل على درجة دكتور في الفلسفة من جامعة لندن وشغل مناصب أكاديمية في جامعات لندن، وكامبريدج ونيوكاسل. هاجر إلى أستراليا عام 1990. انصبت بحوثه على حقل الثقوب السوداء، وعلم الكونيات والثقالة الكمومية، ونشر أكثر من مئة بحث متخصص إضافة إلى العديد من الكتب المدرسية.

اكتسب الأستاذ ديفيز شهرة عالمية بسبب قدرته على توضيح أهمية الأفكار العلمية المتقدمة بلغة بسيطة. وقد ألف حوالي عشرين كتاباً، بما فيها **القوى الفائقة** و **الله والفيزياء الحديثة**، و **عوالم أخرى**، و **أسطورة المادة** (مع جون غريبون)، **حافة اللانهاية**، و **النسخة الكونية الزرقاء**، و **الدقائق الثلاث الأخيرة**، و **هل نحن وحدنا؟** و **حول الزمن**.

وهو معروف في كثير من البلدان بسبب ظهوره في وسائل الإعلام، فقد كتب وقدم عدداً من البرامج التلفزيونية والإذاعية، بما في ذلك سلسلة الوثائق الرئيسة حول هيئة الإذاعة البريطانية ومسلسل تلفزيوني من ستة أجزاء تحت عنوان **الأسئلة الكبيرة**. وحصل، في عام 1995، على جائزة تمبلتون المهمة، وهي أكبر مكافأة عالمية تمنح لقاء محاولة فكرية، من أجل مؤلفه حول المعني الأكثر عمقاً للعلم. وتلقى أيضاً منحة الكتاب العلميين في غلاكسو، وهي مكافأة متقدمة وجائزتي يوريكا مقابل إسهاماته في العلم الأسترالي.

إذا اكتشفنا نظرية كاملة فإنها، من حيث المبدأ وبمرور الزمن، يجب أن تكون مفهومة من قبل كل إنسان لا من بضعة علماء فقط. وعندئذٍ، سنكون كلنا، علماء، وفلاسفة، وأناس عاديون، قادرين على المشاركة في النقاش حول سبب وجودنا ووجود العالم. فإذا وجدنا الجواب ، فإننا نكون قد حققنا نصراً نهائياً للعقل الإنساني-لأننا عندئذٍ سنعرف حقاً تدبير الله.

ستيفن هوكنغ

عبارات ختامية من كتابه "موجز تاريخ الزمن"



مُقَدِّمَة

"لماذا؟" سؤال اعتدت دائماً أن أثير غيظ والديّ بطرحه عليهما عندما كنت طفلاً. لماذا لا أستطيع أن أخرج إلى اللعب؟ لأن الدنيا يمكن أن تمطر. ولماذا يمكن أن تمطر؟ لأن الراصد الجوي قال ذلك. ولماذا قال ذلك؟ لأن هناك عواصف قادمة من فرنسا. ولماذا هناك ....؟ وهكذا دواليك. وكانت هذه الاستجوابات القاسية تنتهي عادة بالجواب اليائس "لأن الله أراد لها أن تكون هكذا، و **كذلك قال!**" منذ ذلك الوقت، كان اكتشافي الطفولي (الذي نشأ من سأمي أكثر منه من نباهتي الفلسفية) يضايقني: ذلك لأن تعليل حقيقة أو حادثة بذاتها يتطلب تعليلاً آخر، وهلم جرا، وأن هذه السلسلة يمكن أن تتواصل إلى ما لا نهاية. فهل يمكن لسلسلة التعليلات أن تتوقف حقاً في مكان ما، ربما بواسطة الإله، أو بواسطة قانون ما خارق من قوانين الطبيعة؟ وإذا كان الأمر كذلك، فكيف ينجو هذا التعليل الأهم بالذات من الحاجة إلى تعليل؟ وباختصار، هل يمكن لعبارة و" **كذلك قال**" أن تكون مقنعة دائماً؟

وعندما دخلت الجامعة، استمتعت بمقدرتي في مادة العلوم لاكتشاف أجوبة مثيرة للأسئلة التي نطرحها حول العالم. فقدرة العلم على تعليل الحوادث مذهلة جداً إلى درجة وجدت معها أنه من السهل على المرء أن يثق بإمكانية الكشف عن أسرار الكون كلها إذا توفرت له الوسائل. ولكن تواتر أسئلة "لماذا ....؟" كانت

تقلقني. فما الذي ينتظرنا في نهاية هذا المخطط التعليلي الرائع؟ ماالذي يجعله يتماسك مع بعضه بعضاً؟ وهل هناك مستوى نهائي؟ وإذا كان الأمر كذلك، فمن أين جاء التعبير "**كذلك؟**" وهل يمكن لأحد أن يكتفي بالتعليل "**كذلك قال؟**"

بدأت في السنوات الأخيرة، أبحث في مواضيع مثل منشأ الكون، وطبيعة الزمن، وتوحيد قوانين الفيزياء، فاكتشفت أنني أنتهك حرمة حقل كان، على مدى قرون، محصوراً بالدين. ورغم ذلك، فقد نشأ علمٌ كان همه إما إيجاد أجوبة لما تُرِكَ جانباً باعتباره أسراراً غامضة، وإما اكتشاف خطأ وعبثية المفاهيم ذاتها التي تستمد منها تلك الأسرار قوتها. وكان كتابي **الإله والفيزياء الحديثة** أول جهد أبذله لإلقاء الضوء على تعارض هذه الأيديولوجيات. أما كتابي **العلم والجوهر** فهو محاولة أمضي فيها إلى حد أبعد.

منذ نشر أول كتاب لي، برزت إلى مقدمة الفيزياء الأساسية جملة من الأفكار الجديدة: نظرية الأوتار الفائقة والمقاربات الأخرى وصولاً إلى ما يدعى بنظريات الشمولية، وعلم الكونيات الكمومي كوسيلة لتوضيح كيف خرج الكون من العدم، وكتاب ستيفن هوكنغ حول " الزمن التخيلي" والشروط الكونية الابتدائية، ونظرية الشّواش Chaos ومفهوم أنظمة التنظيم الذاتي، والتطورات في نظرية الحساب والتعقيد. وإضافة إلى ذلك، تجدد الاهتمام، إلى حد كبير، فيما يمكن أن يوصف بفجاجة على أنه برزخ بين العلم والدين. وقد اتخذ هذا صيغتين مميزتين. الأولى، توسع الحوار إلى حد بعيد بين العلماء، والفلاسفة، وعلماء اللاهوت حول مفهوم الخلق وما يتصل به من مسائل. ثانياً، تنامي "موضة" التفكير الصوفي والفلسفة الشرقية، وما يحققانه، حسب زعم بعض المتابعين، من تعميق الصلة الهادفة مع الفيزياء الأساسية.

في البداية، أحب أن أوضح موقفي. أنا، كعالم محترف، ملتزم تماماً بالطريقة العلمية للبحث في أسرار العالم. وأثق بأن العلم هو نهج فعال إلى حد كبير لمساعدتنا في فهم هذا الكون المعقد الذي نعيش فيه. وقد أثبت

التاريخ أن نجاحات العلم كبيرة، فقلما يمر أسبوع دون تحقيق تقدم جديد. ولكن الآمال المعلقة على الطريقة العلمية تتجاوز قدرتها ومداها الهائلين. ولا يجب أن ننسى مصداقيتها الصارمة. فكل اكتشاف جديد، كل نظرية يجب أن تخضع لاختبارات صارمة لكي تحظى بالاستحسان من قبل الوسط العلمي قبل التسليم بها. ومن البديهي، أن العلماء، في ممارسة أبحاثهم، لا يشايعون استراتيجية الكتب المدرسية ذات المعلومات المشوشة والغامضة أحياناً. ويساند العلماء البارزون النظريات المشكوك فيها لمدة طويلة قبل تكذيبها. وأحياناً يلجأ بعض العلماء إلى التزييف. وينحرفون بذلك عن النهج القويم. ولكن العلم يقودنا عادة باتجاه المعرفة الموثوقة.

كنت دائماً أميل إلى التصديق بأن العلم يمكن أن يوضح كل شيء، على الأقل، من حيث المبدأ. ولكن الكثير من غير العلماء يرفضون بقوة زعما كهذا. ومعظم الديانات تقتضي الإيمان، على الأقل، ببعض الحوادث الخارقة، التي لا يمكن التوفيق بينها وبين العلم. وأفضل شخصياً ألا أؤمن بالحوادث الخارقة. ومن الواضح، أنه لا يمكنني أن أثبت أن تلك الحوادث لا تقع أبداً، كما أنني لاأرى سبباً يدعوني إلى الاعتقاد في أنها تحدث. وتراني ميالاً إلى الافتراض بأن الامتثال لقوانين الطبيعة موجود في كل الأوقات. ولكن حتى لو استبعدنا الحوادث الخارقة، فإنه يبقى من غير الواضح ما إذا كان يمكن للعلم، من حيث المبدأ، أن يعلل كل شيء في العالم المادي. وتبقى هناك تلك المشكلة القديمة التي تتعلق بإمكانية إيجاد نهاية لسلسلة التعليلات. وأياً كان نجاح تعليلاتنا العلمية، فإن هذا النجاح يتضمن بعض الافتراضات البدئية المبيتة. فعلى سبيل المثال، إن تعليل ظاهرة ما بلغة الفيزياء، يستلزم أن نسلِّم سلفاً بصحة قوانين الفيزياء. ولكن يمكن للمرء أن يسأل أولاً عن مصدر هذه القوانين. ويمكنه أن يسأل أيضاً عن أصل المنطق الذي يقوم على أساسه كل استنتاج علمي. وعلينا جميعاً أن نصدق، عاجلاً أم آجلاً، بما يُقدَّم

لنا، سواء كان إلهاً، أو منطقاً، أو مجموعة من القوانين، أو قاعدة أخرى للوجود. وهكذا، سوف يستمر طرح الأسئلة "الأساسية" المتعلقة بإمكانيات العلم التجريبي المألوف. وبالتالي، هل يعني هذا أنه لا يمكن إيجاد أجوبة للأسئلة العويصة التي تثار حول الوجود؟ ألاحظ، عندما أتأمل قائمة عناوين الفصول والأجزاء، أن الأسئلة تشكل أهم جزء فيها. وفي البداية، كنت أظن أن السبب يعود إلى عدم كفاءة أسلوبي، ولكن أصبحت أدرك الآن أن هذا يعكس إيماني الغريزي في أنه ربما يكون من المستحيل تقريباً، بالنسبة لبني البشر المساكين، "الوصول إلى كنه كل شيء." وعلى الأرجح، يجب أن نسلم بأن هناك "سراً ينطوي عليه الكون." ويجدر بنا، كما يبدو، أن نسلك سبيل الاستقصاء العقلي حتى النهاية. وحري بنا أن نطلب المعرفة حتى لو كان هناك دليل يشير إلى أن سلسلة الاستدلال لن تكتمل. وقد تم إثبات شيء من ذلك القبيل في الرياضيات، كما سنرى.

إن الكثير من العلماء الممارسين متدينون أيضاً. وقد أذهلني ما اكتشفته، بعد نشر كتابي **الله والفيزياء الحديثة**، من أن عدداً كبيراً من زملائي المقربين يتبع ديانة ما. وقد نجحوا، في بعض الحالات، في الفصل بين هذين الجانبين من حياتهم، حيث أنهم يخصصون ستة أيام من الأسبوع لعملهم العلمي، ويوم الأحد للدين. ولكن قلة هم العلماء الذين يبذلون جهوداً شاقة ومخلصة للتوفيق بين علمهم ودينهم. ويستلزم هذا عادة تبني وجهة نظر متحررة جداً حول العقيدة الدينية من جهة، وإضفاء أهمية خاصة على علم الظواهر المادية، التي لا يوليها الكثير من زملائهم العلماء الأهمية نفسها.

يعترف الكثير، من بين العلماء غير المتدينين بالمعنى المتعارف عليه، بشعور غامض يفيد بأن هناك " شيئاً ما" وراء الواقع الظاهري للتجربة اليومية وأن الوجود له معناه. وحتى الملحدون المتعنتون يحملون غالباً إحساساً يمكن تسميته "إجلال الطبيعة" أي الافتتان بها واحترام عمقها وجمالها

وبراعتها، وهذا الإحساس يقارب مايولده الدين من رهبة في النفوس. وليست هناك فكرة يحملها بعضهم عن العلماء أكثر خطأ من الاعتقاد السائد في أنهم أشخاص باردون، وصارمون، ومتحجرون.

أما أنا فأنتمي إلى مجموعة من العلماء الذين لا يعتنقون أية ديانة من الديانات المعروفة ولكنهم، رغم ذلك، يرفضون أن يكون العالَم محض صدفة لاهدف لها. وقد توصلت من خلال نشاطي العلمي إلى قناعة ازدادت رسوخاً مفادها أن العالم المادي تم تكوينه بإبداع مذهل جداً حتى أنه لا يمكنني أن أسلِّم بوجوده كمجرد واقع فج. ويبدو لي أنه يجب أن نصل إلى مستوى من التعليل أكثر عمقاً. وإذا طاب لنا أن نسمي هذا المستوى "الله" فإن هذا يصبح مسألة ذوق وتعريف. علاوة على ذلك، توصلت إلى رأي يقول إن العقل– أعني، الإدراك الواعي للعالم– ليس نزوة من نزوات الطبيعة العرضية والخالية من المعنى، ولكنه قطعاً وجه أساسي للواقع. ولكن هذا لايعني أننا نحن علّة وجود الكون. لأن الواقع بعيد عن افتراض كهذا. ولكنني أعتقد أننا، نحن بني البشر، أُدخِلنا في مخطط الأشياء بطريقة أساسية فعلاً.

سأحاول، فيما يلي، أن أسوق أسباب هذه القناعات. وسأقوم أيضاً بدراسة بعض النظريات والمعتقدات عند علماء ولاهوتيين آخرين، لا تتفق كلها مع نظرياتي ومعتقداتي. وتقتضي هذه الدراسة، في معظمها، تطورات جديدة في حقول العلم من تلك التي قاد بعضها إلى أفكار مهمة ومثيرة حول الله، والخلق، وجوهر الحقيقة. ولكنني لم أخصص هذا الكتاب لكي يكون مسحاً شاملاً للبرزخ بين العلم والدين، بل أردت له أن يكون بحثاً هدفه فهم تلك المسائل. وتوجهت به إلى القارىء العادي، ولهذا حاولت الإيجاز في التحدث عن الجوانب التقنية إلى أدنى حد، بحيث لا يحتاج القارىء إلى معرفة سابقة في العلوم الرياضية والطبيعية. وتتضمن بعض الأجزاء،

وخصوصاً الفصل السابع، نقاشات فلسفية معقدة إلى حد ما، ولكن القارىء يمكنه أن يتخطى بسرعة هذه الأجزاء دون إشكال خطير.

ساعدني في هذا البحث الكثيرون، ولا يمكنني، شخصياً، أن أعبر لهم جميعاً عن شكري. فقد حصلت على كثير من التقدير عن طريق الأحاديث التي كانت تدور أثناء تناول القهوة مع زملائي الحاليين في جامعات نيوكاسل في تاين و أدلايد. واكتسبت نفاذا في بصيرتي من خلال أحاديثي مع جون باريت، و جون باراو، و برنار كار، و فيليب ديفيس، و جورج إليس، ديفيد هوتون، و كريس إيشام، و جون ليزلي، و وولتر مايور شتاين، دوكان ستيل، و آرثر بيكوك، و روجر بنروز، و مارتن ريس، و شتينارد راسل، و بلّ شتويجر، وكنت قد تأثرت بالاستماع إلى محاضرات الكثيرين. وقد تكرم علي كل من غراهام نيرلتش و كايث وورد، بتأمين التعليقات المفصلة والمهمة جداً على بعض أجزاء المخطوطة.

وأخيراً، أحب أن أعقب على بعض المسائل المتعلقة بالمصطلحات الفنية. فعند القيام بدراسة حول الإله، يستحيل غالباً أن نتفادى استعمال نوع من الضمير الشخصي. وقد تقيدت بالتقليد المتّبع عادة باستخدام الضمير "هو." ولكن، ألا يُفَسَّر هذا على أنه إيمان بإله ذكوري، أو حتى بفكرة الإله كشخص بمعناه المبسط؟ وبالمثل، إن استخدام كلمة "**إنسان**" في الجزء الأخير يشير إلى نوع الإنسان العاقل Homo sapiens، لا إلى أشخاص ذكور. وعند دراسة الأعداد الصغيرة أو الكبيرة، سأستخدم التدوين القياسي للقوى إلى عشرة. فالعدد 10^{20}، مثلاً، يعني "واحداً متبوعاً بعشرين صفراً،" في حين يقوم العدد 10^{-20} مقام $1/10^{20}$.



الفصل الأول

العقل والإيمان

يعتنق بنو البشـــر معتقدات مـــن كافة الأنواع. وتتراوح الطريقة التي يتوصلون بواسطتها إلى تلك العقائد من الحجة المقنعة إلى الإيمان الأعمى. ويكتسب بعضهم عقيدته عن طريق التجربة الشخصية، وبعضهم عن طريق التعليم، وآخرون عن طريق التلقين. ولا شك في أن الكثير من تلك العقائد فطري: يولد معنا نتيجة لعوامل التطور. ونشعر أنه يمكننا تسويغ بعض العقائد والتمسك ببعضها الآخر بفعل "الحدس بأنها صحيحة دون القدرة على التعليل."

ومن الواضح أننا نحمل الكثير من عقائد خاطئة، إما لأنها مشوشة، أو لأنها تتعارض مع عقائد أخرى، أو مع الحقائق. وكانت جرت، قبل ألفين وخمسمئة سنة، في بلاد الأغريق أول محاولة منهجية لترسيخ نوع من أساس لعقيدة مشتركة. فقد بحث الفلاسفة الأغريق عن وسيلة لإضفاء المنهجية على التفكير الإنساني عن طريق إيجاد قوانين للاستنتاج المنطقي لا يمكن النيل منها. وكان هؤلاء الفلاسفة يتوقعون إزالة التشوش، وسوء الفهم، والجدل الذي يميز الشؤون الإنسانية عن طريق إجراءات متفق عليها في نقاش منطقي. وكانت هذه الخطة تهدف، في النهاية، إلى التوصل إلى مجموعة من الافتراضات، أو البديهيات التي ستلقى قبولاً عند كل عاقل، من الرجال والنساء، والتي منها سينشأ الحل لكل الصراعات.

ومن الجدير قوله أن هذا الهدف لم يتحقق أبداً، حتى وإن كان تحقيقه ممكناً. فقد ابتُلِيَ العالم الحديث باختلاف في العقائد أكبر مما كان عليه في أي وقت مضى، وأكثر تلك العقائد شاذ أو خطر تماماً، والنقاش المنطقي في نظر الكثيرين مــن عامة الناس، سفســطة فارغة. ولم تحظ مثاليات الفلاسفة الأغريق بالتأييد إلا في الميدان العلمي، وخصوصاً الرياضيات (وفي الفلسفة ذاتها، طبعاً). وعندما نصل إلى معالجة مسائل الوجود العويصة فعلاً، كأصل الكون ومعناه ، ومكان الكائنات البشرية في العالم، وبنية الطبيعة ونظامها، نجد هناك إغراء قوياً باللجوء إلى إيمان غير منطقي. ولا يستثنى العلماء من هذا أيضاً. مع ذلك، هناك تاريخ طويل ومحترم للمحاولات التي بُذِلَت لمواجهة هذه المسائل، وذلك عن طريق التحليل المنطقي اللامتحيز. ولكن إلى أي مدى بالضبط يمكن للحجة المبررة أن تمضي بنا؟ فهل يمكننا حقاً أن نتوقع، عن طريق العلم والبحث المنطقي، الإجابة عن الأسئلة النهائية التي يطرحها الوجود، أم أننا سنصطدم دائماً، في مرحلة ما، بسر لا يمكن فض مغاليقه؟ وعلى كل حال، ما العقلانية الإنسانية، على وجه الدقة؟

المعجزة العلمية

نجد في كل الثقافات، وعلى امتداد العصور، تمجيداً لجمال الكون الفيزيائي، وعظمته، وإبداعه. ولكن الثقافة العلمية الحديثة وحدها، هي التي قامت بأول محاولة منهجية لدراسة طبيعة الكون ومكاننا فيه. وقد نجحت الطريقة العلمية في كشف أسرار الكون نجاحاً باهراً جداً إلى درجة ربما تحجب عنا رؤية المعجزة العلمية الأهم: **نجاح العلم**. يسلِّم العلماء أنفسهم عادة بأننا نعيش في نظام كوني عقلاني مرتب يخضع لقوانين دقيقة يمكن كشفها عن طريق التفكير الإنساني. إذن، هذا هو السبب في بقاء هذه القوانين سراً جذاباً حتى الآن. ولماذا ينبغي للكائنات الإنسانية أن تتمتع بقدرة اكتشاف وفهم المبادئ التي يعمل بموجبها الكون؟

لقد تزايد إلى حد بعيد، في السنوات الأخيرة، عدد العلماء الذين بدؤوا بدراسة هذا اللغز. هل كان نجاحنا في تفسير العالم باستخدام العلم والرياضيات مجرد ضربة حظ، أم أنه كان من المحتم أن تعمل تلك المتعضيات البيولوجية التي نشأت من النظام الكوني على أن تعكس ذلك النظام في قدراتها الإدراكية؟ وهل التقدم الرائع مجرد صفة عرضية في تاريخنا، أم أنه يشير إلى صدى عميق وذي مغزى بين العقل الإنساني والنظام المستبطن للعالم الطبيعي؟

دخل العلم منذ أربعمئة سنة في نزاع مع الدين لأنه بدا وكأنه يهدد المكان المريح للجنس البشري ضمن النظام الكوني الموجود لغاية والذي صممه الرب. وقد عملت الثورة، التي بدأت بـــ كوبرنيك وانتهت بـــ داروين، على تهميش، وحتى تتفيه، الكائنات الإنسانية. فلم يعد الناس يُحسَبون في مركز المخطط الكبير، بل صاروا يُخَصُّون، كما يبدو، بدور عرضي وعقيم في دراما كونية عادية، كممثلين غير مدربين عثروا عرضاً على جهاز سينمائي ضخم. وأصبحت هذه الروح الوجودية، التي تقول إنه ليس في الحياة الإنسانية مغزى أكثر مما تستثمره فيها الكائنات الإنسانية نفسها، هي الفكرة السائدة في العالم. ولهذا السبب، ينظر الناس العاديون إلى العلم على اعتبـــــاره تهديداً وتحقيراً: لقد أبعدهم عن الكون الذي يعيشون فيه.

ولكن، سوف أقدم في الفصول التالية وجهة نظر مختلفة تماماً حول العلم. فبعيداً عن عرض الكائنات الإنسانية كمنتجات عرضية للقوى الفيزيائية العمياء، يرى العلم أن وجود متعضيات واعية يعتبر ملمحاً أساسياً للكون. فقد تم إدخالنا إلى قوانين الطبيعة بطريقة حاذقة، وكما أظن، ذات مغزى. ولا أنظر إلى العلم كنشاط إبعاد، بل هو بعيد عن ذلك. فالعلم بحث نبيل ومخصب يساعدنا على فهم العالم بطريقة موضوعية ومنهجية. وهو لاينفي المعنى الكامن خلف الوجود. بل على العكس، فحقيقة أن العلم ينجح، وينجح بصورة

حسنة جداً، كما أكدتُ آنفاً، تشير إلى شيء ما مهم جداً حول نظام الكون. وأي محاولة تُبذَل لفهم طبيعة الواقع ومكان الكائنات الإنسانية في العالم، يجب أن تنبثق من أساس علمي سليم. والعلم، طبعاً، ليس البرنامج الوحيد للفكر حتى يسيطر على اهتمامنا. ويزدهر الدين حتى في عصرنا- عصر العلم، كما يسمونه. ولكن كما عقَّب آينشتاين مرة: الدين بغير العلم أعرج.

البحث العلمي رحلة إلى المجهول. فكل تقدم يسبب اكتشافات جديدة وغير متوقعة، ويتحدى عقولنا بمفاهيم غير عادية وأحياناً صعبة. ولكن الجميع يَنْسِلون من خلاله الخيط المألوف للعقلانية والنظام. وسوف نرى أن هذا النظام الكوني تعززه قوانين رياضية محددة تتشابك مع بعضها بعضاً لتشكل وحدة دقيقة ومنسجمة. وتستحوذ على تلك القوانين بساطة رائعة، وكثيراً ماأتاحت نفسها للعلماء على أساس الجمال وحده. مع ذلك، تسمح هذه القوانين البسيطة بالذات للمادة والطاقة بتنظيم نفسيهما إلى عدد هائل من الحالات المعقدة، بما فيها تلك التي تتمتع بخصوصية الوعي، ويمكنها، بدورها، أن تنعكس على نظام الكون إياه الذي أنتجها.

من بين الأهداف الأكثر طموحاً لهذا الانعكاس هو احتمال أن نكون قادرين على صياغة "نظرية الشمولية Theory of Everything (TOE)"-وصف كامل للعالم بعبارات النظام المغلق للحقائق المنطقية. وأصبح البحث في سبيل هذه النظرية نوعاً من البحث المقدس لدى علماء الفيزياء. والفكرة لاشك خادعة. ففي النهاية، إذا كان الكون مظهراً لنظام عقلاني، إذن، يجب أن نكون قادرين على استنتاج طبيعة العالم من "الفكر المحض" وحده، دون حاجة إلى ملاحظة أو تجربة. ولكن معظم العلماء يرفضون طبعاً هذه الفلسفة بصورة مطلقة، وفي الوقت نفسه، يرحبون بالطريق التجريبية إلى المعرفة على اعتبارها السبيل الوحيدة الجديرة بالثقة. ولكن لا شك في أن مقتضيات العقلانية والمنطق تفرض قيوداً، على الأقل، على نوع العالم الذي يمكن أن نعرفه كما سنرى. وبالمقابل،

يضم ذلك التركيب المنطقي بالذات في داخله قيوده الخاصة المتناقضة التي تضمن أنه لا يمكننا أبداً أن نفهم الوحدة الكلية للوجود من الاستنتاج فقط.

أظهر التاريخ كثيراً من الصور الفيزيائية للنظام العقلاني المستبطن للعالم: الكون كظاهرة لأشكال هندسية كاملة، كمتعضٍّ حي، كآلية أوتوماتيكية ضخمة تعمل كالساعة، وحديثاً جداً، كحاسب آلي عملاق. وتنطوي كل من هذه الصور على جانب أساسي من الحقيقة، مع أن كلاً منها غير كامل بذاته. وسنقوم بفحص أحدث الأفكار حول هذه الاستعارات، وطبيعة العلوم الرياضية التي تصفها. وسيقودنا هذا إلى مواجهة أسئلة مثل: ما الرياضيات؟ ولماذا تنجح تماماً في وصف قوانين الطبيعة؟ وعلى أية حال، من أين جاءت تلك القوانين؟ ووصف الفكرة سهل في كثير من الحالات؛ وأحياناً تكون تقنية تقريباً ومجردة. والقارىء مدعو للمشاركة في هذه النزهة العلمية إلى المجهول، في البحث عن الأساس النهائي للحقيقة. ومع أن الذهاب شاق إلى هنا وهناك، والغاية المقصودة يكتنفها الغموض، فإنني أرجو أن تثبت الرحلة بنفسها أنها ممتعة.

العقل الإنساني والسليقة

كثيراً ماقالوا أن العامل الذي يميزنا، ككائنات إنسانية، عن الحيوانات الأخرى هو قدرتنا على التفكير. فالكثير من تلك الحيوانات تدرك، كما يبدو، العالم الفيزيائي بدرجة أعلى أو أدنى، ويستجيب له، ولكن بني البشر يدَّعون أكثر من مجرد الإدراك. ونحن أيضاً نتمتع بنوع ما من فهم للعالم، ومكاننا فيه. ويمكن أن نتنبأ بالحوادث والتعامل مع العمليات الطبيعية لغاياتنا الخاصة، ومع أننا جزء من العالم الطبيعي، فإننا نميز، إلى حد ما، بين أنفسنا وبين باقي الكون الفيزيائي.

كان فهم العالم، في الثقافات البدائية، محصوراً بالشؤون اليومية، كمرور الفصول، أو حركة سهم أو حصاة قذفتها "ثقافة". كان فهماً نفعياً تماماً، دون أساس نظري، إلا في العبارات السحرية. وفي عصرنا، عصر العلم، توسع فهمنا إلى

حد بعيد، إلى درجة دفعتنا إلى تقسيم المعرفة إلى مواضيع مميزة- فلك، كيمياء، طبيعيات، جيولوجيا، علم نفس، وغير ذلك. حدث هذا التقدم المثير، بصورة كلية تقريباً، نتيجة لــ "الطريقة العلمية": التجربة، الملاحظة، الاستنتاج، الفرضية، الدحض. ولكن يجب ألا نهتم بالتفاصيل هنا. والمهم هو أن العلم يتطلب معايير صارمة للقيام بدراسة تضع العقل فوق الإيمان اللاعقلاني.

إن مفهوم التفكير الإنساني بحد ذاته مفهوم غريب. فنحن نقتنع بحجج "معقولة"، ونشعر بأننا أكثر سعادة بالحجج التي تحتكم إلى "السليقة." ولكن عمليات التفكير الإنساني ليست هبة من الله. فأصلها موجود في بنية دماغ الإنسان، وفي المهمات التي تطور لكي ينجزها. وعمل الدماغ، بدوره، يعتمد على قوانين الفيزياء وطبيعة العالم الفيزيائي الذي نعيش فيه. وما ندعوه بالسليقة هو ناتج أنماط التفكير الدفينة عميقاً في النفس الإنسانية، ربما لأن تلك الأنماط تمنح بعض المزايا في التعامل مع الظروف اليومية، كتفادي سقوط الأشياء والاختباء من الحيوانات المفترسة. وتتوطد بعض جوانب التفكير الإنساني عن طريق شبكة أسلاك الدماغ، والجوانب الأخرى موروثة منذ زمن طويل كـــ "البرمجيات الوراثية" التي نرثها من أجدادنا.

يحاول الفيلسوف عمانوئيل كانط أن يُثبت أن ما كل أصناف تفكيرنا تنشأ من التجربة الحسية للعالم. ويظن أن بعض المفاهيم قَبْلِيَّة، ويقصد بذلك أنه مع أن هذه المفاهيم ليست **حقائق ضرورية** بالمعنى المنطقي الضيق، فإن كل تفكير سيكون مستحيلاً دونها: يجب أن تكون "ضرورية للتفكير." وقدم كانط من أجل ذلك مثالاً وحيداً هو فهمنا الحدسي للمكان الثلاثي الأبعاد من خلال قوانين الهندسة الإقليدية. وكان يظن أننا نولد مع هذه المعرفة. ومن سوء الحظ، أن يكتشف العلماء في الوقت الحاضر أن هندسة أقليدس خاطئة فعلاً وأصبحوا اليوم يفترضون، مع الفلاسفة عموماً، أنه حتى الجوانب الأكثر أهمية في التفكير الإنساني يجب أن تعزى، أساساً، إلى الملاحظات حول العالَم الفيزيائي. وربما

تكون المفاهيم المحفورة عميقاً جداً في نفوسنا، أي الأشياء التي نجد صعوبة في أن نتصور إمكانية كونها مختلفة- كـ "السليقة" والعقلانية الإنسانية- هي تلك التي تُبَرمَج وراثياً في مستوى عميق جداً في أدمغتنا.

من المهم أن نفكر فيما إذا كان ثمة كائنات غريبة تطورت ضمن ظروف مختلفة جداً، تشاطرنا المفهوم الذي نحمله عن السليقة، أو، في الواقع، أياً من أنماط تفكيرنا. فإذا كانت هناك، كما يتخيل بعض كتّاب قصص الخيال العلمي، حياة على سطح نجم نيوتروني، فإنه لا يمكن للمرء أن يبدأ بتخمين كيف تدرك تلك الكائنات العالم وتفكر بشأنه. ويحتمل أنها تحمل مفهوماً للعقلانية غريباً ومختلفاً عن مفاهيمنا إلى حد كبير لن يقتنع معه ذلك الكائن إطلاقاً بما نعتبره حجة عقلانية.

فهل يعني هذا أننا نشك في التفكير الإنساني؟ وهل نحن شوفينيون أو محدودو الأفق إلى هذه الدرجة حتى نفترض أنه يمكننا أن نطبق، بنجاح، أنماط التفكير عند النوع البشري على المسائل الكبيرة للوجود؟ لا، ليس بالضرورة. فالعمليات العقلية عندنا تطورت إلى ما هي عليه لأنها، على وجه الدقة، تعكس شيئاً ما من طبيعة العالم الفيزيائي الذي نعيش فيه. وأن يحقق الاستدلال الإنساني نجاحاً جيداً في وضع إطار لفهم تلك الأجزاء من العالم التي لا يمكن لإدراكنا أن يصلها مباشرة، تلك هي المفاجأة! قد لا يكون مفاجئاً أن يتمكن العقل الإنساني من استخراج قوانين سقوط الأشياء، لأن الدماغ تطور بحيث يبتكر استراتيجيات للتملص منها. ولكن هل يحق لنا أن نتوقع أن يتوسع هذا التفكير، مثلاً، بحيث يعمل في مسائل تخص الفيزياء النووية، أو الفيزياء الفلكية؟ وحقيقة أنه يعمل، ويعمل بصورة جيدة "على نحو غير معقول،" هي واحد من الأسرار الكبيرة للكون التي سأقوم ببحثها في هذا الكتاب.

ولكن، هناك مسألة أخرى تطرح نفسها في هذه الأيام. فإذا كان التفكير الإنساني يعكس شيئاً من بنية العالم الفيزيائي، فهل يصح القول إن العالم هو تجلٍ

للعقل؟ نحن نستخدم كلمة "عقلاني" بمعنى "متفق مع العقل،" وعليه، يصبح سؤالي: هل العالم عقلاني؟ وإذا كان الأمر كذلك، فما مدى عقلانيته؟ قام العلم على أمل أن العالم عقلاني في كل جوانبه التي يمكن ملاحظتها. ويحتمل أن تكون هناك بعض الجوانب للواقع تقع فوق قدرة الاستدلال الإنساني. ولكننا لا نقصد بهذا القول إن هذه الجوانب هي بالضرورة غير عقلانية بالمعنى المطلق. فسكان النجوم النيوترونية (أو الحواسب الآلية الفائقة)، يمكن أن يفهموا الأشياء التي لا يمكننا فهمها بالطبيعة المجردة لأدمغتنا. ولهذا، يجب أن ندرك احتمال أنه قد يكون هناك بعض الأشياء التي لا يمكن أبداً أن نُلِمَّ بتفسيراتها، وربما تكون هناك بعض الأشياء الأخرى التي لا تفسير لها على الإطلاق.

سأتبنى، في هذا الكتاب، وجهة نظر متفائلة تقول إن التفكير الإنساني موثوق عموماً. إنها لحقيقة في الحياة أن الناس يتمسكون بعقائد، خصوصاً في حقل الدين، يمكن أن تعتبر غير منطقية. ولكن اعتناق تلك العقائد بلا عقلانية لا يعني أنها خاطئة. فلعل هناك طريقاً للمعرفة (من خلال الصوفية أو الإلهام) تتجاهل العقل الإنساني أو تتفوق عليه؟ وسأحاول، كعالم، أن أمضي بالتفكير الإنساني إلى أبعد مدى ممكن. ومن المؤكد أننا سنواجه، في استكشافنا لحدود العقل والعقلانية، سراً والتباساً، وفي مرحلة ما، وعند كل احتمال، سوف يخذلنا التفكير ويتوجب استبداله إما بعقيدة غير منطقية أو بلاأدرية[1] صريحة.

إذا كان العالم عقلانياً، على الأقل إلى حد بعيد، فما أصل تلك العقلانية؟ فهي لا يمكن أن تنشأ وحيدة في عقولنا، لأن عقولنا تعكس فقط ماهو موجود الآن. فهل يجب أن نبحث عن تفسير عند مصمم عاقل؟ أم أنه يمكن للعقلانية أن "تخلق نفسها" بالقوة الصرف لـــ "معقوليتـــ"ــها الخاصة؟

---

(1) مذهب يعتقد أتباعه بأن وجود الله وطبيعته وأصل الكون أمور لا سبيل إلى معرفتها عن طريق العقل. المترجم

وبدلاً من ذلك، هل يمكن أن يكون العالم لا عقلانياً "على نطاق واسع إلى حد ما،" إلا أننا نجد أنفسنا نعيش في واحة من العقلانية الظاهرية، لأنها "المكان" الوحيد حيث يمكن للكائنات الواعية، المفكرة أن تجد نفسها فيه؟ ولكي نسبر هذه الأنواع من الأسئلة إلى حد أبعد، تعالوا نمعن النظر في مختلف أنماط التفكير!

أفكار حول التفكير

هناك نوعان من التفكير نستفيد منهما كثيراً ، ومن المهم أن نميز بينهما بوضوح. أولهما، يدعى "التفكير الاستنتاجي." ويقوم على قواعد منطقية صارمة. ووفقاً للمنطق القياسي، تُقبَل إفادات مثل "الكلب كلب" و "كل شيء إما أن يكون كلباً أو لا،" كحقائق في حين تعتبر إفادات أخرى، مثل "الكلب ليس كلباً" كاذبة. وتبدأ المناقشة الاستنتاجية بعدد من الافتراضات تدعى "المقدمات المنطقية." وهي إفادات أو حالات تعتبر هي الحقيقة دون المزيد من السؤال لأغراض المناقشة. ومن الواضح أن المقدمات المنطقية يجب أن تكون متساوقة فيما بينها.

هناك اعتقاد شائع جداً يقول إن نتيجة النقاش المنطقي الاستنتاجي لا تحتوي على أكثر مما هو موجود في المقدمات المنطقية الأصل، وبالتالي، لايمكن أبداً استخدامه لإثبات أي جديد حقاً. فلندرس، مثلاً، التسلسل الاستنتاجي (الذي يعرف بـ "القياس"):

1- كل العازبين رجال

2- أليكسي عازب

3- إذاً، أليكسي رجل.

الإفادة رقم 3 لاتقول لنا شيئاً أكثر مما هو موجود في الإفادتين 1 و2 مجتمعتين. وهكذا، ووفقاً لهذا الرأي، يكون التفكير الاستناجي، في الواقع، ليس سوى طريقة لمعالجة الحقائق أو المفاهيم لكي تُقدَّم بصيغة أكثر فائدة أو تشويقاً.

وعندما نطبق المنطق الاستنتاجي على مجموعة معقدة من المفاهيم، فإن النتائج كثيراً ما تكون مدهشة أوغير متوقعة، حتى لو كانت مجرد إكمال للمقدمات المنطقية الأصل. وهناك مثال جيد يؤمنه لنا موضوع علم الهندسة، الذي قام على أساس مجموعة من الافتراضات، عُرِفَت بـــ "البديهيات،" التي قام عليها الصرح المتقن للنظرية الهندسية. ففي القرن الثالث قبل الميلاد، ذكر إقليدس، العالم الأغريقي المختص بعلم الهندسة، خمس بديهيات قام على أساسها علم الهندسة المدرسي التقليدي، ومن بينها مسائل مثل "من نقطتين، لا يمكن أن يمر أكثر من خط مســتقيم واحد." ويمكن عن طريق المنطق الاستنتاجي، أن نستخرج من هذه البديهيات كافة نظريات علم الهندسة التي نتعلمها في المدارس. وواحدة من هذه النظريات غير الواضحة حدسياً بالتأكيد، هي نظرية فيثاغورث مع أن محتواها المعلوماتي ليس أكبر من بديهيات إقليدس التي استُمِدت منها.

من الواضح أن البرهان الاستنتاجي لا يكون جيداً إلا بقدر ما تكون المقدمات المنطقية التي يقوم عليها جيدة. فعلى سبيل المثال، اتفق بعض علماء الرياضيات، في القرن التاسع عشر، على استغلال نتائج إهمال بديهية إقليدس الخامسة، التي تقول إنه يمكن من كل نقطة رسم خط موازٍ لخط آخر مفترض. فأصبح علم الهندسة اللا إقليدية الناتج مفيداً جداً في العلم. وقد استخدمه آينشتاين فعلاً في نظرية النسبية العامة (نظرية الجاذبية)، وكما ذكرنا، أصبحنا نعرف الآن أن هندسة إقليدس هي فعلاً خطأ في العالم الواقعي: ولنقل بصراحة: إن الجاذبية تسبب تحدُّب الفضاء. مع ذلك، مازلنا نعلِّم الهندسة الإقليدية في المدارس لأنها تقريب جيد جداً في معظم الظروف. ولكن العبرة

في هذه القصة هي أنه من الغباء أن نعتبر البديهيات، أياً كانت، صحيحة بذاتها ولا تحتاج إلى إثبات إلى الحد الذي لا يمكن معه أن تكون غير ذلك.

من المتفق عليه عموماً أن الحجج الاستنتاجية المنطقية هي أكثر صيغ التفكير أماناً، مع ذلك، ينبغي أن أذكر أنه حتى المنطق القياسي كان موضع شك من قبل البعض. ففيما يدعى بالمنطق الكمومي، تم إهمال القاعدة التي تقول إن شيئاً ما يمكن أن يكون ولا يكون كذا وكذا في آن واحد. والدافع إلى هذا هو أن مفهوم " الكينونة" في علم الفيزياء الكمومية، أكثر مراوغة من التجربة اليومية: يمكن أن توجد المنظومات الفيزيائية في أوضاع متراكبة لحالات تبادلية.

والصيغة الأخرى من التفكير التي نستخدمها جميعاً تدعى "التفكير الاستقرائي." والاستقراء، كالاستنتاج، ينطلق من مجموعة من الحقائق المعلومة أو الافتراضات، ويصل عن طريقها إلى نتائج، ولكنه يفعل ذلك عن طريق عملية التعميم أكثر مما هو عن طريق الحجة التتابعية. فنبوءة "الشمس سوف تشرق غداً" نموذج للتفكير الاستقرائي الذي يقوم على أساس حقيقة أن الشمس كانت في تجربتنا، حتى الآن، تشرق يومياً وبأمانة. وعندما أترك شيئاً ثقيلاً من يدي، فإنني أتوقع له السقوط، على أساس خبرتي السابقة بقوة الجاذبية. ويستخدم العلماء التفكير الاستقرائي عندما يقومون بصياغة فرضيات تقوم على أساس عدد محدود من المشاهدات أو التجارب. وقوانين علم الفيزياء، مثلاً، من هذا النوع. فقد تم اختبار قانون التربيع العكسي للقدرة الكهربائية بعدة طرق، وتم إثباته دائماً. ونطلق عليه تسمية قانون لأننا ندرك، على أساس الاستقراء، أن خاصية التربيع العكسي ستصمد دائماً. ولكن حقيقة أن أحداً لم يلاحظ انتهاكاً لقانون التربيع العكسي لا يثبت أنه صحيح، وبالمناسبة، يجب أن تكون نظرية فيثاغورث صحيحة على ضوء بديهيات الهندسة الإقليدية. لا يهم كم مرة قام فيها عدد من الأشخاص بإثبات القانون، لأنه لا يمكننا أبداً أن نتأكد تماماً من أنه

يُطبَّق دون فشل. وعلى أساس الاستقراء، يمكن أن نستنتج فقط أنه من المحتمل جداً أن يصمد للاختبار من جديد.

حذر الفيلسوف ديفيد هيوم من التفكير الاستقرائي. ذلك أن شروق الشمس الذي كان يلاحظ دائماً على جدول توقيت، أو أنه تم دائماً إثبات قانون التربيع العكسي، لا يعتبر ضماناً لاستمرارية هذه الأشياء في المستقبل. والاعتقاد بأنها ستستمر، يقوم على افتراض أن "الطبيعة تواصل سيرها دائماً بانتظام وبالطريقة ذاتها." ولكن ما مبرر افتراض كهذا؟ صحيح أنه قد نكون لاحظنا أن الحالة الراهنة لـــ ب (الفجر، مثلاً) تعقب أ (الظلام، مثلاً) بشكل ثابت، ولكن لا ينبغي لأحدنا أن يفسر هذا على أنه يشير إلى أن ب هو بالضرورة نتيجة لـــ أ. لأنه بأي معنى يتوجب على ب أن يعقب أ؟ لا شك في أنه يمكن أن نكوّن فكرة عن عالم يحدث فيه أ ولا يحدث فيه ب: لا توجد بالضرورة علاقة منطقية بين أ و ب. أيمكن أن يكون هناك معنى آخر للضرورة، نوع من ضرورة طبيعية؟ وينكر هيوم وأتباعه أن يكون هناك شيء كهذا.

نحن مجبرون، كما يبدو، على التسليم بأن النتائج التي تم التوصل إليها عن طريق الاستقراء ليست آمنة بصورة مطلقة بالطريقة المنطقية للنتائج الاستنتاجية، رغم أن "السليقة" تعتمد على الاستقراء. ذلك أن التفكير الاستقرائي الذي كثيراً جداً ما ينجح هو خاصية (جديرة بالانتباه) للعالم الذي يمكن للمرء أن يميزه على أنه "موثوقية الطبيعة." كلنا نمضي في الحياة ونحن نحمل معتقدات حول العالم (كحتمية شروق الشمس) نستنتجها استقرائياً، وتعتبر معقولة تماماً، ومع ذلك، فإنها لا تعتمد على منطق استنتاجي، بل على الطريقة التي صدف أن وُجِد فيها العالم. وكما سنرى، ليس هناك سبب منطقي لعدم إمكانية أن يكون العالم قد وُجِد بخلاف ما هو عليه. ويمكن أنه كان شواشياً إلى حد جعل معه التعميم الاستقرائي مستحيلاً.

تأثرت الفلسفة الحديثة بقوة بعمل كارل بوبر، الذي يحتج بأن العلماء قلما يستخدمون، عملياً، التفكير الاستقرائي بالطريقة الموصوفة. فعند ظهور

اكتشاف جديد، يميل العلماء إلى العمل رجوعاً لبناء فرضيات تتفق مع ذاك الاكتشاف، ثم يواصلون استخراج النتائج الأخرى لتلك الفرضيات التي يمكن، بدورها، أن تُختبَر تجريبياً. فإذا ثبت في النهاية خطأ أي من هذه النبوءات، فإنه يجب تعديل النظرية أو التخلي عنها. وهكذا، يكون التشديد على التكذيب لا على الإثبات. والنظرية القوية هي التي تكون أكثر عرضة للتكذيب، ولهذا يمكن اختبارها بطرق كثيرة، مفصلة ونوعية. فإذا اجتازت تلك الاختبارات، فإن ثقتنا بها تتعزز. أما النظرية الغامضة جداً أو العمومية، أو التي تطرح نبوءات تتصل فقط بظروف تجعل اختبارها فوق طاقتنا، فإنها قليلة الأهمية.

إذاً، فالمحاولة العقلية الإنســانية، عملياً، لاتتقدم دائماً من خلال التفكير الاستنتاجي والاستقرائي. والمدخل إلى الإنجازات العلمية الرئيسة يرتكز غالباً علـــى وثبات أو إلهام خيالي طليق المدى. وفـــي حالات كهذه، تقفز حقيقةٌ أو حدسٌ جاهز مهم إلى عقل باحث، وفي وقت لاحق فقط يتم كشف المبرر بحجة منطقية. أما كيف يحدث الإلهام فهو سر يطرح العديد من الأسئلة. فهل للأفكار نمط وجود مستقل، بحيث "يكتشفها" عقل مستقبِل بين حين وآخر؟ أم أن الإلهام نتيجة لتفكير طبيعي يتخذ من اللاوعي مخبأً له، ثم يصل إلى الوعي فقط عند اكتماله؟ وإذا صح ذلك، فكيف تتطور هذه القدرة؟ وما المزايا البيولوجية التي يمكن أن تمنحها للبشر أشياء مثل الإلهام الرياضي والفني؟

عالم عقلاني

يرتبط الادعاء بأن العالم عقلاني بحقيقة كونه منظماً. فالحوادث عادة لاتقع جزافاً: إنها مترابطة بطريقة ما. فالشمس تشرق بإشارة لأن الأرض تدور بانتظام. وسقوط شيء ثقيل يرتبط بتحريره قبل ذلك من علٍ، وهلم جرا. وهذا الترابط المتبادل للحوادث هو الذي يزودنا بمفهوم السببية. فالنافذة تنكسر، لأنها تُرمى بحجر. وشجرة السنديان تنمو، لأن جوزة البلوط تُزرَع. والاقتران الثابت للحوادث المترابطة سببياً يصبح مألوفاً جداً حتى أنه يغرينا

بأن ننسب قوة مسببة إلى الأشياء المادية نفسها: الحجر يسبب عملياً كسر النافذة. ولكن هذا يفرض علينا أن ننسب للأشياء المادية قدرات فعالة لا تستحقها. وكل ما يمكن قوله فعلاً، هو أن هناك علاقة بين الحجارة المندفعة إلى النافذة والزجاج المكسور فيها. ولهذا السبب، فإن الحوادث التي تكوِّن هذه التسلسلات ليست مستقلة. لو تمكنا من تنظيم سجل لكافة الحوادث في منطقة ما مــن الفضاء خلال فترة مــن الزمن، للاحظنا أن الســجل سيكون متقاطعاً بالأشكال، وهذه الأشكال هي "الارتباطات السببية." ووجود هذه الأشكال هو ظاهرة النظام العقلاني للعالم. ودونها لايكون غير الشواش.

هناك ترابط متين بين مفهوم السببية والحتمية. فالحتمية، في صيغتها الحديثة، تفترض أن الحوادث مرهونة كلياً بحوادث أخرى سابقة لها. والحتمية أيضاً تتضمن أن حالة العالم في لحظة واحدة تكفي لتعيين حالته في لحظة تالية. وبما أن تلك الحالة التالية تعيِّن حالات لاحقة، وهكذا دواليك، فإننا نصل إلى اســتنتاج مفاده أن كل شيء يحدث في أي وقت في مســتقبل الكون معيَّن كلياً بحالته الحاضرة. فعندما قام إسحق نيوتن، في القرن السابع عشر، بعرض قوانينه في الميكانيك، دخلتها الحتمية بصورة آلية. فعلى سبيل المثال، عند التعامل مع المنظومة الشمسية كمنظومة منفصلة، فإن مواقع وسرعات الكواكب في لحظة ما، تكفي لتعيين مواقعها وسرعاتها (من خلال قوانين نيوتن) بشكل رائع في كل اللحظات التالية. فضلاً عن ذلك، إن قوانين نيوتن لا تحتوي على اتجاهية في الزمن، وهكذا تعمل الخطة باتجاه عكسي: الحالة الحاضرة تكفي، بشكل فذ، لإثبات حالات الماضي كلها. وبهذه الطريقة يمكننا، مثلاً، أن نتنبأ بالكسوفات والخسوفات المستقبلية، ونخمن أيضاً تواريخ حدوثها في الماضي.

إذا كان العالم حتمياً بشكل كامل، فإن كل الحوادث تكون رهينة قالب العلة والمعلول. والحاضر يتضمن الماضي والمستقبل، بمعنى أن المعلومات اللازمة لبناء حالات ماضي ومســتقبل العالم مُتَضَمَّنَة فــي حالته الحاضرة بالصرامة نفسها التي ضُمِّنَت فيها المعلومات عن نظرية فيثاغورث في

بديهيات الهندســة الإقليدية. ويصبح النظام الكوني بكامله آلة أو آلة ســاعيَّة جبارة، تسلك خانعة سبيل تغيير سبق وضعه منذ بداية الزمن. وعبر عن ذلك إيليا بريغونييه بطريقة أكثر شاعرية: اختُزِل الإله إلى مجرد أمين محفوظات يقلِّب صفحات كتاب تاريخ الكون الذي تمت كتابته سابقاً.

تقف اللاحتمية أو الصدفة في مواجهة الحتمية. فقد نقول أن حادثاً ما حدث بـــ "محض الصدفة" أو "عرضاً" إذا لم يكن حدوثه معيَّناً بوضوح بأي شيء آخر. فإلقاء زهر النرد وقذف قطعة نقد مثالان معروفان. ولكن هل تُعتَبَر مثل هذه الحالات حالات من اللاحتمية الحقيقية، أم أن سلوكها فقط هو الذي يبدو لنا عشوائياً، لمجرد أن العوامل والقوى التي تعيِّن نتيجتها خافية علينا؟

لو طُرِح هذا السؤال على معظم العلماء، قبل هذا القرن العشرين، لأجابوا عليه بنعم. فقد كانوا يفترضون أن العالم، في أدنى مستوى، حتمي تماماً، وأن ظهور حوادث العشوائية أو الصدفة لم يكن بكامله أكثر من مجرد نتيجة للجهل بتفاصيل النظام المعني. وقد احتجوا بأنه لو أمكن معرفة حركة كل ذرة، لأصبح التنبؤ ممكناً حتى بالنسبة لقذف قطعة النقد. وحقيقة أنـــه لا يمكن عملياً التنبؤ بتلك الحركة يعود إلى محدودية معلوماتنا حول العالم. ويمكن اقتفاء أثر السلوك العشـــوائي إلى الأنظمة التي تفتقر كثيراً إلى الاستقرار، ولذلك تكون تحت رحمة التقلبات الدقيقة في القوى التي تهاجمها من بيئتها.

وفي أواخر العشرينيات(*)، أُهمِلَت وجهة النظر المذكورة على نطاق واسع مع اكتشاف علم الميكانيك الكمومي الذي يتعامل مع ظواهر تحدث على المستوى الذري وتضمنه اللاحتمية في مستواه الأساسي. إن

(*) عندما نقول العشرينيات، أو الثلاثينيات، أو إلخ. فإنما نعني القرن الماضي، فيرجى الانتباه- المترجم.

مبدأ الريبة واحد من تعابير اللاحتمية عند هايزنبرغ، فيرنر هايزنبرغ، العالم الألماني في الفيزياء الكمومية. ولنتكلم بصراحة، يذكر هذا العالم أن الكميات التي يمكن قياسها كلها تخضع لتقلبات لا يمكن التنبؤ بها، وبالتالي، إلى الريبة في قيمها. ولتحديد مدى هذا الريبة، تُصنّف المشاهدات إلى أزواج: الوضع والعزم يشكلان زوجاً، كالطاقة والزمن. ويقضي المبدأ بأن المحاولات لتقليص مستوى الريبة عند عضو من الزوج تعمل على زيادته عند العضو الآخر. وهكذا، فإن قياساً دقيقاً لوضع جُسَيْمٍ ما، كـ إلكترون، مثلاً، يؤثر في جعل كمية تحركه مشكوكاً فيها إلى حد بعيد، والعكس بالعكس. ونظراً لأنه يجب أن نعرف بدقة أوضاع وكميات تحرك الجسيمات في نظام ما، إذا أردنا أن نتنبأ بحالاتها المستقبلية، فإن مبدأ الريبة عند هايزنبرغ حدد نهاية لفكرة أن الحاضر يحدد المستقبل تماماً. يفترض هذا طبعاً أن الريبة الكمومية أصيلة حقاً في الطبيعة، وليست مجرد نتيجة لمستوى محجوب من النشاط الحتمي. وقد تم في السنوات الأخيرة إجراء عدد من التجارب الرئيسة لاختبار هذه النقطة، فأثبتت أن الريبة متأصلة فعلاً في المنظومات الكمومية. وأن الكون، في الواقع، لا حتمي في أعمق مستوياته.

إذاً، هل يعني هذا كله أن العالم غير عقلاني؟ لا، إنه ليس كذلك. فهناك اختلاف بين دور الصدفة في الميكانيكا الكمومية والشواش اللا محدود في كون لا يحكمه قانون. ومع أنه لا يوجد يقين عادة حول الحالات المستقبلية لنظام كمومي، فإن الاحتمالات النسبية لمختلف الحالات الممكنة تبقى محددة. وهكذا يمكن أن تعطى أفضليات المراهنة إلى أن ذرة يمكن أن تكون في حالة إثارة أو لا إثارة، حتى وإن كانت النتيجة في حالة خاصة غير معروفة. تشير هذه القانونية الإحصائية ضمناً إلى أن الطبيعة، على المستوى العياني حيث يبدو أنه لا يمكن عادة ملاحظة التأثيرات الكمومية، تعمل، كما يبدو، وفقاً لقوانين حتمية.

الميتافيزيقا: من يحتاجها؟

في الفلسفة الإغريقية، تعني عبارة "ميتافيزيقا" أصلاً "ذلك الذي يأتي بعد الفيزياء". وتشير العبارة إلى حقيقة أن ميتافيزيقا أرسطو، التي وجدت دون عنوان، وُضِعت بعد بحثه حول الفيزياء. ولكن عبارة ميتافيزيقا سرعان ما أصبحت تشير إلى تلك المواضيع التي تقع وراء الفيزياء (أي فوق متناول العلم، كما نقول اليوم) وقد تكون أيضاً على علاقة بطبيعة البحث العلمي. وهكذا، نقصد بالميتافيزيقا دراسة مواضيع **حول** الفيزياء (أو العلم بشكل عام)، كنقيض للموضوع العلمي بالذات. وتشمل المشكلات التقليدية للميتافيزيقا منشأ الكون، وطبيعته، وغايته، وكيف يرتبط عالم الظواهر الذي يظهر لأحاسيسنا بـــ "حقيقته" ونظامه المستبطن، والعلاقة بين العقل والمادة، ووجود إرادة حرة. ومن الواضح، أن العلم خاض، إلى حد بعيد، في هذه المسائل، ولكن العلم التجريبي وحده قد لا يكون قادراً على الإجابة عليها، أو على أية أسئلة حول "معنى الحياة."

في القرن التاسع عشر، بدأ المشروع الميتافيزيقي بكامله يتداعى على أثر النقد الذي وجهه إليه كل من ديفيد هيوم وعمانوئيل كانط تعبيراً عن شكوكهما فيه. وألقى هذان الفيلسوفان الشك ليس فقط على أي نظام ميتافيزيقي خاص كهذا، بل أيضاً على المعنى المباشر الذي يهدف إليه. يحتج هيوم بأن ذلك المعنى يمكن ربطه فقط بتلك الأفكار التي تنشأ مباشرة من ملاحظتنا للعالم، أو من مشاريع استنتاجية كعلم الرياضيات. ويرفض المفاهيم مثل "واقع،" و "عقل،" و "جوهر" التي تقع تقريباً وراء نطاق الكيانات التي تظهر لأحاسيسنا على أساس أنه لايمكن ملاحظتها. ويرفض أيضاً الأسئلة المتعلقة بغاية الكون أو معناه، أو مكان الجنس البشري فيه، لأنه يعتقد أنه لا يمكن ربط أي من هذه المفاهيم عقلياً بالأشياء التي يمكننا ملاحظتها فعلاً. ويُعرَف هذا الاتجاه الفلسفي باسم "المذهب التجريبي" لأنه يتعامل مع حقائق التجربة كأساس لكل ما يمكن أن نعرفه.

ويسلِّم كانط بالمقدمة المنطقية عند التجريبيين التي تقول إن كل معرفة تبدأ بتجاربنا في العالم، ولكنه يظن أيضاً، وكما ذكرت، أن الكائنات الإنسانية تتمتع بشيء من المعرفة الفطرية التي هي ضرورية أبداً لحدوث كل فكرة. وعلى هذا النحو، هناك مكوِّنان يجتمعان في عملية التفكير: معطيات الحس، ومعرفة سابقة. ويستخدم كانط نظريته لاستكشاف حدود ما يمكن للكائنات الإنسانية، في أي وقت، أن تتطلع إلى معرفته عن طريق طبيعة قدراتها بالذات على الملاحظة والتفكير. وقال في نقده للميتافيزيقا إنه لا يمكن تطبيق تفكيرنا إلا في حقل التجربة، أي عالم الظواهر الذي نلاحظه فعلاً. وليس هناك مايبرر الظن بأنه يمكن استخدامه في أي حقل افتراضي يقع وراء نطاق عالم الظواهر الفعلية. وبمعنى آخر، يمكن أن نطبق تفكيرنا على الأشياء كما نراها، ولكن هذا لا يمكن أن ينبئنا بشيء عن الأشياء بحد ذاتها. وأي محاولة تبذل للتنظير حول "الواقع" الذي يكمن وراء مواضيع التجربة محكوم عليها بالفشل.

بعد هذا الهجوم، خبا بريق التنظير حول الميتافيزيقا، مع ذلك، رفض بضعة فلاسفة وعلماء التخلي عن التفكير حول ما يقع، فعلاً، خلف المظاهر السطحية لعالم الظواهر. وبعد ذلك، بدأ، في السنوات الأخيرة، عدد من الإنجازات في الفيزياء الأساسية، وعلم الكونيات، ونظرية الحوسبة يثير اهتماماً واسعاً ببعض المواضيع الميتافيزيقية التقليدية. فالدراسة حول "الذكاء الاصطناعي" أثارت الجدل من جديد حول الإرادة الحرة ومشكلة العقل-الجسد. واكتشاف الانفجار الكبير نبه التفكير إلى الحاجة إلى آلية تضع الكون الفيزيائي في المقام الأول. كما أظهرت الميكانيكا الكمومية طريقة بارعة يتداخل فيها الرائي والمرئي. وكشفت نظرية الشواش عن أن العلاقة بين الثبات والتغير بعيدة عن البساطة.

إضافة إلى هـذه التطورات، بدأ علمـاء الفيزياء يتحدثون عن نظريات شـمولية- فكرة تدور حول إمكانية توحيد كافة القوانين الفيزيائية إلى مخطط

رياضي واحد. وبدأ الاهتمام يتركز على طبيعة القانون الفيزيائي. لماذا اختارت الطبيعة مخططاً خاصاً دون آخر؟ ولماذا المخطط الرياضي أبداً؟ وهل كان هناك أي شيء خاص حول المخطط الذي نلاحظه فعلاً؟ هل سيكون المراقبون النجباء قادرين على التواجد في كون كان جرى تصويره في مخطط آخر؟

وأصبحت عبارة "ميتافيزيقا" تعني "نظريات حول نظريات" الفيزياء. وفجأة صار هذا العلم جديراً بدراسة "أصناف القوانين" بدلاً من دراسة القوانين الواقعية للكون الذي نعيش فيه. وتحول الاهتمام إلى أكوان افتراضية تتمتع بخواص مختلفة تماماً عن خواص كوننا، في مسعى لفهم ما إذا كان هناك أي شيء مميز حول كوننا. وتوقعت بعض النظريات وجود "قوانين حول القوانين،" تعمل على "اختيار" قوانين كوننا مـــن مجموعة أوســـع. وتم إعداد بعضها لدراسة الوجود الواقعي لأكوان أخرى ذات قوانين مختلفة.

وبهذا المعنى، كـــان علماء الفيزياء منذ زمن طويل، يزاولون، فـــي الواقع، الميتافيزيقا بطريقة أو أخرى. ففحص بعض النماذج الرياضية المُعالَجة بطريقة مثالية والمُعَدَّة فقط للإحاطة بمختلف الجوانب الدقيقة للواقع هو جزء من عمل عالم الفيزياء الرياضية. وتمثل هذه النماذج دور "العوالم الدمى" التي يمكن استكشافها على حقيقتها، على سبيل التسلية أحياناً، لإلقاء الضوء عادة على العالم الواقعي عن طريق توطيد بعض المواضيع الشائعة بين مختلف النماذج. وكثيراً ما تحمل العوالم الدميوية هذه أسماء مبدعيها. وهكذا، نجد نموذج تيرنغ Thirring model، ونموذج سوغاوارا Saugawara، وعالم توب – نت NUT- Taub، وعالم كروسكال Kruskal الموسع إلى حد بعيد، وغيرها. إنهم يلتزمون بنظريات لأنها سوف تتيح لهم معالجة رياضية دقيقة، في حين قد يستعصي نموذج آخر أكثر واقعية. كرست جزءاً كبيراً من عملي، على مدى السنوات العشر الماضية، لاستكشاف التأثيرات الكمومية في عوالم النماذج من ذوات البعد المكاني الواحد بدلاً من ذوات الأبعاد

الثلاثة. ولجأت إلى ذلك لتسهيل دراسة المشكلات. وكانت الفكرة هي أن بعض الملامح الجوهرية للنموذج ذي البعد الواحد ستبقى حية في المعالجة الثلاثية الأبعاد الأكثر واقعية. ولم يقترح أحد أن الكون فعلاً هو ذو بعد واحد. وما كنا نقوم به، أنا وزملائي، هو سبر الأكوان الافتراضية للكشف عن معلومات حول خواص بعض أنماط القوانين الطبيعية، تلك الخواص التي يمكن أن تتصل بالقوانين الحقيقية لكوننا.

الزمن والأبدية: المفارقة الأساسية للوجود

"الأبدية هي الزمن

زمن، أبدية

اعتبارهما كنقيضين

هو ضلال الإنسان"

كتاب أنجيلوس سيلزيوس

"أنا أفكـــر، إذاً أنا موجود." بهـــذه الكلمات الشـــهيرة عبّر رينيه ديكارت، فيلسوف القرن السابع عشر، عما كان يعتبره التصريح الأكثر بدائية فيما يخص الحقيقة التي يمكن لكل من يفكر أن يسلِّم بها. فوجودنا الخاص هو أول تجاربنا. وعلى الرغم من ذلك، فإن هذا الادعاء ذاته الذي لا يمكن الاعتراض عليه يحتوي، في داخله، على جوهر مفارقة تتخلل بعناد تاريخ الفكر الإنساني. والتفكير عملية. والوجود حالة. فعندما أفكر، فإن حالتي العقلية تتغير بمرور الزمن. ولكن "الأنا" التي تعود إليها الحالة العقلية تبقى نفسها. وقد تكون هذه أقدم مشكلة ميتافيزيقية في الكتاب. وهي المشكلة التي عادت لتطفو من جديد بإفراط على السطح في النظرية العلمية الحديثة.

ومع أن ذواتنا تكوّن أول تجربة لنا، فإننا ندرك أيضاً عالماً خارجياً، ونسقط على ذلك العالم الاقتران المتناقض ظاهرياً نفسه للعملية والوجود، للمؤقت والأزلي. والعالم يواصل وجوده من جهة، ويتغير من جهة أخرى. ونلاحظ الثبات ليس فقط في هوياتنا الشخصية، بل أيضاً في استمرار الأشياء والصفات في بيئتنا. ونكوّن مفاهيم مثل "شخص،" و "شجرة،" و "جبل،" و "شمس." وهذه الأشياء لا تبقى بالضرورة إلى الأبد، ولكنها تتمتع بما يشبه الاستمرار الذي يساعدنا على أن نضفي عليها هوية مميزة. ولكن التغير المتواصل يركب الستارة الخلفية الثابتة للوجود. فالحوادث تحدث. ويتلاشى الحاضر في الماضي، والمستقبل "ينشأ"[1] : إنها ظاهرة الصيرورة. وما نطلق عليه تسمية "وجود" هو ذلك الاقتران المتناقض ظاهرياً للوجود والصيرورة.

بما أن الرجال والنساء يخشون مناياهم، ربما لأسباب نفسية، لذلك نجدهم يبحثون دائماً عن مظاهر الوجود الأكثر بقاء. فالناس يأتون ويذهبون، والأشجار تنمو وتموت، حتى الجبال تنال منها عوامل الحت، وأصبحنا نعرف أن الشمس لا يمكنها أن تواصل احتراقها إلى الأبد، فهل هناك فعلاً شيء ثابت وثقة؟ هل يمكن لأحدنا أن يجد كياناً لا يتغير أبداً في عالم حافل تماماً بالصيرورة؟ كانوا، في فترة ما، يعتبرون السماء ثابتة، والشمس والنجوم باقية من الأزل وإلى الأزل. ولكن، أصبحنا اليوم نعرف أن الأجرام الفلكية، رغم أنها قد تكون ممعنة في القدم، إلا أنها لم تكن موجودة دائماً، ولن يستمر وجودُها إلى الأبد. والواقع هو أن علماء الفلك اكتشفوا أن الكون بكامله في حالة تطور تدريجي.

إذاً، ما الثابت بشكل مطلق؟ سؤال يقود المرء حتماً بعيداً عن عالم المادي والطبيعي إلى عالم الغموض والتجريد. وتتكرر عبر التاريخ مفاهيم مثل "منطق،" و "عدد،" و "روح،" و "إله،" على اعتبارها الأساس الأكثر

---

(1) أو، يدخل إلى الوجود. المترجم.

رسوخاً الذي يجب أن تبنى عليه صورة للواقع الذي يحمل أملاً ما بمصداقية ثابتة. ولكن مفارقة الوجود عندئذٍ تواجهنا بوجهها القبيح. فإلى أي مدى يمكن لعالم التجربة المتغير أن يتجذر في العالم اللا متغير للمفاهيم المجردة ؟

واجه أفلاطون قديماً، في فجر الفلسفة المنهجية الإغريقية القديمة، هذا الانقسام الثنائي. فقد كان يرى أن الواقع الحقيقي موجود في عالم متسامٍ من أفكار أو صور ثابتة، ومثالية، ومجردة، هو حقل العلاقات الرياضية والإنشاءات الهندسية الثابتة. كانت هذه مملكة الوجود المحض، المنيعة على الحواس. واعتبر العالم المتغير لتجربتنا المباشرة- عالم الصيرورة- عابراً، وزائلاً، وخادعاً. وهكذا نفى أفلاطون عالم الأشياء المادية إلى ظل باهت أو محاكاة ساخرة لعالم الصور. وأوضح أفلاطون العلاقة بين العالمين بلغة الاستعارة. ليتخيل أحدنا نفسه مسجوناً في كهف وظهره إلى النور. فعندما تدخل الأشياء إلى الكهف عن طريق المدخل، فإنها ستطرح ظلالاً على جدران الكهف. وهذه الظلال هي عروض ناقصة لأشكال واقعية. وهكذا، شبه أفلاطون عالم مشاهداتنا بعالم الظلال الذي تشكله صور الكهف. وعالم الأفكار الثابت وحده هو الذي "أُضيء بشمس المُدرَك بالعقل."

وللسيطرة على العالمين، ابتكر أفلاطون إلهين. فجاء إله الخير في قمة عالم الصور، وهو كيان أزلي ثابت، وراء نطاق الزمان والمكان. وحبس داخل العالم المتغير ونصف الواقعي للأشياء والقوى المادية ما دعاه خالقَ الكون المادي Demiurge ، ومهمته صوغ مادة الوجود إلى حالة منظمة، عن طريق استخدام الأشكال كنموذج لطبعة أو تصميم. ولكن هذا العالم المصنوع، ولكونه أقـل مـن كامل، يبقى على الدوام مفككاً ويحتاج إلى أهتمامات إبداعية من قبل خالق الكون المادي. وهكذا تنشأ حالة التدفق في عالم انطباعاتنا الحسية. وسلَّم أفلاطون بوجود توتر أساسي بين الوجود والصيرورة، بين الصور الأزلية والخالدة وبين عالم التجربة المتغير، ولكنه لم يبذل محاولة جدية للتوفيق بينهما.

واكتفى بنفي عالم التجربة المتغير إلى حالة وهمية جزئياً، واعتبر أن العالم الأزلي والخالد هو وحده الذي يتمتع بقيم جوهرية.

ولكن أرسطو، تلميذ أفلاطون، رفض مفهوم الصور الأزلية، ووضع بدلاً منها صورة لعالم يشبه كائناً عضوياً حياً، تطور كجنين نحو هدف واضح. وهكذا، تم دمج النظام الكوني بهدف، وينقاد نحو ذلك الهدف لأسباب نهائية. ونُسِبَت إلى الأشياء الحية أرواح ترشدها في نشاطها الغائي، ولكن أرسطو يعتبر هذه الأرواح متأصلة عند الكائنات الحية نفسها، وليست متسامية بالمعنى الأفلاطوني. يشدد هذا الرأي الأرواحي للكون على **العملية** من خلال التغيير المترقي الموجه بهدف. وهكذا، يمكن الافتراض أن أرسطو، على نقيض أفلاطون، قدَّم الصيرورة على الوجود. ولكن عالمه بقي اقتراناً متناقضاً ظاهرياً للعالميْن. فالغايات التي تتطور نحوها الأشياء لم تتغير، ولا الأرواح تغيرت أيضاً. زد على ذلك، إن عالم أرسطو، رغم التسليم باستمرار تطوره، ليس له بداية في الزمن. فهو يضم أشياء- الأجرام السماوية- "لا تولد، ولا تفنى، وأزلية،" تتحرك إلى الأبد في مدارات ثابتة ودائرية تماماً.

وفي هذه الأثناء، قامت في الشرق الأوسط الفكرة اليهودية حول العالم على أساس العهد الخاص الذي عقده يهوه مع بني إسرائيل. هنا، كان التشديد على وحي الله من خلال قصة، كما عبر عنها السجل التاريخي للعهد القديم، وعرضها سفر التكوين بمزيد من الوضوح مع قصة خلق الله للكون في لحظة متناهية في الماضي. وهنا أيضاً، ظهر الإله اليهودي ثابتاً ومتسامياً، ومن جديد، لم تُبذَل محاولة حقيقية لحل التناقض الحتمي لإله ثابت مع أن أغراضه تتغير استجابة للتطورات التاريخية.

وكان يجب انتظـــار القرن الخامس الميلادي، وعمل القديس أوغسطين لتكوين رؤية منهجية حول العالم تعالج بجد تناقضات الزمن. سلَّم أوغسطين بأن الزمن جزء من الكون الفزيائي- جزء من الخلق- وبهذا، لجأ بحزم إلى

وضع الخالق خارج تيار الزمن. ولكن فكرة الإله الأزلي لم تستقر بسهولة في العقيدة المسيحية. فقد اكتنفت دور المسيح صعوبة خاصة: ما معنى أن يتجسد إله أزلي ويموت مصلوباً في حقبة ما خاصة من حقب التاريخ؟ وكيف يمكن التوفيق بين الامتناع الإلهي على الألم والألم الإلهي؟ واستمر الجدل في القرن الثالث عشر، عندما توفرت أعمال أرسطو عن طريق الترجمة في الجامعات الجديدة في أوروبا. وكان لهذه الوثائق تأثيراً مهماً. ففي باريس، بدأ الراهب الشـــاب، توماس الأكويني، بمزج الدين المســيحي بالطريقة الإغريقية للفلسفة العقلانية. وكوّن فكرة عن إله لا يحيط به العقل مقيم في عالم أفلاطوني فوق الزمان والمكان. وبعد ذلك، نسب إلى الإله صفات محددة تماماً- الكمال، البساطة، الأزلية، القدرة على كل شيء، العلم بكل شـــيء- وحاول أن يدافع منطقياً عــن ضرورتها وتســاوقها علـــى غرار النظريات الهندسية. ومع أن عمله كان مؤثراً جداً، فإنه وأتباعه واجهوا صعوبة هائلة لإيجاد صلة بين هذا الإله المجرد، اللا متغير بالنسبة للكون الطبيعي المنوط بالزمن، والرب في الديانة الشائعة. أدت هذه المشكلة ومشكلات أخرى إلى شجب عمل الأكويني من قبل أسقف باريس، ولكن، تمت تبرئته فيما بعد وطُوِّب قديساً في النهاية.

وفي كتابه **الله والأزلية**، يخلص نيلسون بايك، بعد دراسة متعبة، إلى القول: "تخالجني الريبة الآن في أن عقيدة أزلية الله أُدخِلَت إلى علم اللاهوت المسيحي لأن الفكرة الأفلاطونية كانت منسجمة في وقت ما ولأن العقيدة ظهرت وكأنها تستفيد، بدرجة مهمة، من وجهة نظر الأناقة المنهجية. وعندما أُدخِلَت، باشرت حياة خاصة بها." وتوصل الفيلسوف جون أودونيل إلى الاستنتاج نفسه. فكتابه **الثالوث الأقدس والسلطة الزمنية** يتوجه إلى الصراع بين الأزلية الأفلاطونية والتاريخية المسيحية-اليهودية: "أرى أنه عندما انتهت المسيحية إلى تماس أكبر مع الهلّينية ... سعت إلى إنجاز تركيب كان يتجه

بدقة إلى الإخفاق عند هذه النقطة ..... الإنجيل، مقترناً ببعض الفرضيات الهلِّينية المسبقة حول طبيعة الإله، أدت إلى مآزق ينبغي للكنيسة أن تتخلص منها." وسوف أعود إلى تلك "المآزق" في الفصل السابع.

وشهدت أوروبا في العصور الوسطى نهوض العلم، وطريقـــة جديدة كلياً في النظر إلى العالم. وشدد علماء من أمثال روجر بيكون، وبعده غاليليو غاليلي، على أهمية تحصيل المعرفة عن طريق التجربة الكمية الدقيقة والملاحظة. اعتبر هؤلاء العلماء أن الإنسان والطبيعة متميزان، وأن التجربة نوع من الحوار مع الطبيعة، الذي يمكن عن طريقه كشف أسرارها. والنظام العقلاني للطبيعة، الذي استمد ذاته من الله، ظهر في قوانين محددة. هنا يدخل إلى العلم صدى الألوهية اللامتغيرة، الأزلية عند أفلاطون والأكويني، على شكل قوانين أبدية، وهو مفهوم وصل إلى أقصى صيغة مقنعة له بالعمل العظيم الذي قام به إسحق نيوتن في القرن السابع عشر. فالفيزياء عند نيوتن تميز بوضوح بين حالات العالم التي تتغير من لحظة إلى لحظة، والقوانين التي تبقى دون تبدل. وهنا أيضاً تبرز من جديد صعوبة التوفيق بين الوجود والصيرورة، فكيف نعلل التغير الدائم في الزمن في عالم يقوم على أساس قوانين أزلية؟ ومنذ ذلك الوقت وأحجية "سهم الزمن" هذه تبتلي الفيزياء، وما تزال موضوعاً للجدل والبحث المكثفين.

ما من محاولة لتفسير العالم، سواء كانت علمية أو لاهوتية، يمكن أن تعتبر ناجحة قبل أن تعلل الاتحاد المتناقض بين المؤقت واللا مؤقت، للوجود والصيرورة. وما من موضوع يجابه هذا الاقتران المتناقض أكثر صلابة من مسألة أصل الكون.


al-maktabeh
www.
.com
مكتبة
المهتدين

الفصل الثاني

هل يمكن
للكون أن يخلق نفسه؟

"مطلوب من العلم أن يزودنا بآلية لكيفية نشوء الكون."

جون ويلر

نحن عادة نعتبر الأسباب سابقة لنتائجها. فمن الطبيعي، إذاً، أن نحاول ونفسر الكون عن طريق اللجوء إلى الحالة التي كانت سائدة في حقب كونية سابقة. ولكن حتى لو استطعنا أن نفسر الحالة الحاضرة للكون بلغة حالته قبل بليون سنة، فهل نكون فعلاً قد حققنا شيئاً ، باستثناء العودة بالسر إلى الوراء بمقدار بليون سنة؟ لأننا بالتأكيد سوف نتطلع إلى أن نفسر الحالة قبل بليون سنة بلغة حالة ما أقدم منها أيضاً، وهلمجرا. فهل ستجد سلسلة العلة والمعلول هذه يوماً ما نهاية لها؟ هناك إحساس متأصل بعمق في الثقافة الغربية بأنه "لا بد أن يكون هناك شيء ما جعل كل شيء يبدأ". وهناك أيضاً افتراض شائع على نطاق واسع بأن هذا "الشيء" لا يمكن أن يقع ضمن مجال البحث العلمي؛ بل يجب أن يكون، بمعنى من المعاني، خارقاً للطبيعة. وتمضي الحجة إلى حد القول إن العلماء يمكن أن يكونوا بارعين جداً في تفسير هذا وذاك. ويمكن أيضاً أن يكونوا قادرين على تفسير كل شيء في العالم الفيزيائي. ولكنهم سيصلون في مرحلة ما من سلسلة التفسير إلى طريق مسدودة، نقطة تتجاوز الإحاطة بها طاقة العلم. إنها خلق الكون ككل، أي المصدر الأساسي للعالم الفيزيائي.

كثيراً ما استخدمت هذه الحجة الكوزمولوجية المعروفة، بصيغة أو بأخرى، كدليل على وجود الله. وكانت، على مدى قرون، موضوعاً للتنقيح والجدل من قبل الكثيرين من اللاهوتيين والفلاسفة، وأحياناً ببراعة كبيرة. وربما كان اللغز الذي يحيط بنشوء الكون، هو الحقل الذي يحمل العلماء الملاحدة على الشعور بعدم الارتياح. وأرى أنه كان يصعب علينا حتى إلى ما قبل بضع سنوات، وهي المرحلة التي بُذِلت فيها محاولة جادة لتفسير نشأة الكون في إطار الفيزياء، أن ننتقص من أهمية استنتاج الحجة الكوزمولوجية. وأرى لزاماً علي أن أقول منذ البداية إن هذا التفسير الخاص قد يكون خاطئاً تماماً. ولكن لا أهمية لذلك كما أظن. والمسألة التي نحن بصددها تتمثل فيما إذا كان من الضروري وجود نوع ما من فعل خارق للطبيعة لكي يبدأ العالم. فإذا أمكن وضع نظرية علمية معقولة، نظرية تفسر نشوء الكون الفيزيائي بالكامل، عندئذٍ نعرف، على الأقل، أن التفسير العلمي ممكن، سواء كانت النظرية الرائجة صحيحة أم لا.

هل كانت هناك حادثة خلق؟

كل جدل حول أصل الكون يفترض مسبقاً أن للكون أصل. فمعظم الثقافات القديمة تميل إلى فكرة زمنٍ لم تكن فيه للعالم بداية، ولكنه، بدلاً من ذلك، يَخبُر دورات تكرارية لا نهاية لها. ومن المهم أن نتتبع مصدر هذه الأفكار. لقد كانت القبائل البدائية تعيش دائماً متناغمة تماماً مع الطبيعة، تعتمد في بقائها على إيقاع الفصول والأدوار الأخرى الطبيعية. وتمضي أجيال عديدة، مع قليل من التبدل في الظروف، ولذلك لم تخطر لهم فكرة التغير الوحيد الاتجاه أو التقدم التاريخي. والأسئلة حول بداية أو مصير العالم تقع خارج إدراكهم للواقع. وبدلاً من ذلك، كانت تشغلهم الأساطير حول النماذج الإيقاعية، والحاجة إلى استرضاء الآلهة التي تشارك في كل دورة لضمان استمرار الخصوبة والاستقرار.

لم يؤثر كثيراً على هذه النظرة نشـــوء الحضارات المبكرة في الصين والشرق الأوسط. فقد قام ستانلي جاكي، الراهب البنيديكتي البلغاري المولد والحاصل على درجتي دكتوراه في الفيزياء واللاهوت، بوضع دراسة مفصلة للمعتقدات القديمة حول نظام الكون الدوري؛ وأظهر أن النظام الوراثي السلالي الصيني يعكس شيوع عدم الاهتمام بالتقدم التاريخي. "تاريخهم الزمني الذي يبدأ من جديد مع كل سلالة جديدة، واقعة توحي بأن مجرى الزمن عندهم لم يكن خطياً بل دورياً. وفي الواقع، كانت كل الحوادث، السياسية والثقافية، التي تمثل بالنسبة للصينيين نموذجاً دورياً، نسخة صغيرة لتفاعل القوتين الأساسيتين في النظام الكوني: ينّ و يانغ[1]... فقد كان النجاح والفشل يتناوبان ، كما يتناوب التقدم والانحطاط.)

يتكون النظام الهندوسي من دوائر داخل دوائر، ذات استمرارية هائلة. فأربع حُقَب[2] yuga تشكل الماهايوغا mahayuga وأمدها 4.32 مليون سنة؛ وألف ماهايوغا تشكل الكالبا kalpa (4320 مليون سنة)، ويتألف اليوم البراهمي من 2 كالبا؛ ودورة حياة البراهما[3] تبلغ مئة سنة براهمية، أو 311 تريليون سنة! ويصف جاكي الدورات الهندوسية بأنها روتين مضجر لا مفر منه، يسهم تأثيره المنوم، إلى حد كبير، فيما يصفه يأساً وقنوطاً في الثقافة الهندوسية. ونفذت الدوروية cyclicity والجبرية المرافقة لها أيضاً إلى علم الكون عند الشعوب البابلية، والمصرية، والمايانية. ويسرد جاكي قصة إيتسا، واحدة من قبائل المايا الحسنة التسليح، التي تخلت طوعاً عن السلطة لمفرزة

---

(1) ينّ Yin: في التراث الصيني، هو العنصر المؤنث المظلم في الكون؛ و يانغ Yang: هو العنصر المذكر المضيء فيه، يتفاعلان ويشتركان معاً لإنتاج كل شيء يخرج إلى الوجود. المترجم.

(2) yuga: الحقبة، واحدة من الحقب الأربعة في دورة من دورات وجود العالم (في الفلسفة الهندوسية). المترجم.

(3) الذات العليا أو العلة الأولى (في الفلسفة الهندوسية). المترجم.

صغيرة من الجند الأسبان عام 1698، لأنهم كانوا، قبل ثمانين عاماً، أعلموا إرساليتين أسبانيتين بأن ذلك التاريخ يحدد بداية تاريخهم المشؤوم.

والفلسفة الأغريقية أيضاً خاضت غمار مفهوم الدورات الخالدة، ولكن، على النقيض من اليأس التشاؤمي عند شعب المايا البائس، اعتقد الأغريق أن ثقافتهم تمثل قمة الدورة- ذروة التقدم بالذات. وورث العرب عن النظام الأغريقي الطبيعة الدوروية للزمن، وحافظوا على الثقافة الأغريقية إلى أن انتقلت إلى المسيحية في العصور الوسطى. ويمكن اقتفاء الجزء الأكبر من الرؤية العالمية الحاضرة للثقافة الأوروبية إلى التصادم الواسع الذي حدث بعدئذٍ بين الفلسفة الأغريقية والتراث اليهودي المسيحي. إنها لمسألة أساسية، طبعاً، في العقيدة اليهودية والمسيحية أن الله خلق الكون في لحظة ما محددة في الماضي، وأن الحوادث اللاحقة تشكل نتيجة واضحة وحيدة الاتجاه. وهكذا، نجد أن المعنى الهادف للتقدم التاريخي- السقوط، والعهد، والتجسد والبعث، والمجيء الثاني-يغزو هذه الديانات، ويعارض بشدة المفهوم الأغريقي للعودة الأبدية. وفي تلهفهم لمشايعة الزمن الخطي أكثر من الزمن الدوروي، شجب آباء الكنيسة الأوائل الرؤية الدورية للعالم التي يتبناها الفلاسفة الأغريق الوثنيون، على الرغم من إعجابهم الشـامل بكامل التفكير الأغريقي. وهكذا، نجد أن توما الأكويني يعترف بقوة بالحجج الفلسفية عند أرسطو حول أن الكون كان موجوداً دائماً، ولكنه يدعو إلى الإيمان بنشوء الكون على أسس توراتية.

إن الملمح الرئيس في عقيدة الخلق اليهودية- المسيحية هو أن الخالق منفصل ومستقل كلياً عن خلقه؛ أي أن وجود الله لا يضمن، بصورة آلية، وجود الكون، كما في بعض المشاريع الوثنية حيث يصدر العالم الفيزيائي عن الخالق كامتداد آلي لكينونته. أو بالأحرى، وُجِد هذا الكون في لحظة محددة في الوقت المناسب كعمل إبداعي مدروس خارق من قِبَلِ كيان موجود من قبل.

ومع أن هذا المفهوم للخلق قد يبدو واضحاً، فإنه سبب جدلاً عقائدياً مكثفاً عبر العالم، لأن النصوص القديمة غامضة إلى حد ما حول المسـألة.

فعلى سبيل المثال، إن الوصف التوراتي للخلق الذي يعتمد، إلى حد بعيد، على أساطير الخلق الأكثر قدماً في الشرق الأوسط، أطال في الشعر وأوجز في التفاصيل الواقعية. فلا نجد فيه دليلاً واضحاً حول ما إذا كان الله قام فقط بحمل النظام إلى شواش بدائي أو خلق المادة والضوء في فراغ موجود مسبقاً، أو أنه قام أيضاً بشيء ما أكثر عمقاً. وتتكاثر الأسئلة المزعجة. ماذا كان يعمل الله قبل أن يخلق الكون؟ ولماذا خلقه في تلك اللحظة من الزمن وليس في لحظة أخرى؟ ولو كان مقتنعاً بالبقاء إلى الأبد دون كون، فما الذي جعله "يقرر" ويخلق كوناً؟

وتترك التوراة مجالاً واسعاً للجدل حول هذه المسائل. ولا شك في أنه كان هناك الكثير من هذا الجدل. والحقيقة أن الجزء الأكبر من العقيدة المسيحية نشأ بعد كتابة سفر التكوين بوقت طويل، وتأثر بالفكر الأغريقي بالقدر الذي تأثر فيه بالفكر اليهودي. وهناك مسألتان مهمتان، بشكل خاص، من وجهة النظر العلمية: الأولى، هي علاقة الله بالزمن؛ والثانية، علاقته بالمادة.

تعلن كافة الديانات الغربية الرئيسة أن الله أزلي، ولكن كلمة "أزلي" قد تحمل معنيين مختلفين إلى حد ما. فمن جهة، يمكن أن تعني أن الله أزلي موجود في مدى زمني لا متناه في الماضي وسوف يستمر وجوده إلى أمد لا متناه في المستقبل، أو يمكن أن تعني أن الله خارج الزمن كلياً. فالقديس أوغسطين، كما ذكرت في الفصل الأول، اختار المعنى الثاني عندما أكد أن الله خلق العالم "مع الزمن لا في الزمن." وعن طريق اعتبار الزمن جزءاً من الكون الطبيعي، أكثر مما هو شيء ما حدث في خلق الكون، ووَضْعِ الله خارجه كلياً، تفادى أوغسطين تقريباً مشكلة ما كان يفعله الله قبل الخلق.

ولكن هذه الميزة كان لها ثمن. فجميع الناس يدركون قوة الحجة التي تقول: "أمر ما جعل كل شيء يبدأ." وكان من المألوف، في القرن السابع عشر، اعتبار الكون كآلة جبارة أطلق الله حركتها. وفي هذه الأيام أيضاً، يميل كثير من الناس إلى الاعتقاد بدور الله كمحرك أول أو علة أولى في السلسلة الكونية

السببية. ولكن، ما معنى أن يكون إله موجود خارج الزمن هو سبب كل شيء ؟ ونظراً لهذه الصعوبة، يفضل المؤمنون بأزلية الله أن يشددوا على دوره في دعم وتعزيز الخلق في كل لحظة من وجوده. فلا تمييز للاختلاف بين الخلق والحفظ: كلاهما واحد والفعل نفسه في النظرة الأزلية للإله.

وكانت علاقة الله بالمادة أيضاً موضوعاً لصعوبات عقائدية. فبعض أساطير الخلق، كالرواية البابلية، ترسم صورة كون خُلِق من شواش ابتدائي. (كلمة "كون cosmos" تعني حرفياً "نظام order" و "جمال beauty"؛ ويستمر المعنى الثاني حياً في الكلمة الحديثة "تجميلي cosmetic"). ووفقاً لهذا الرأي، فإن المادة تسبق فعل مبدع خارق هو الذي ينظمها. وتم تبني صورة مماثلة في بلاد الأغريق القدامى: جرى تقييد عمل خالق الكون المادي عند أفلاطون بالعمل بمادة موجودة من قبل. وتبنى هذا الموقف أيضاً الغنوسطيون المسيحيون[1] الذين اعتبروا أن المادة فاسدة، وبالتالي، فهي من إنتاج الشيطان أكثر مما هي من إنتاج الله.

في الواقع، قد يكون الاستخدام الغائم لكلمة "إله" في هذه الدراسات مربكاً إلى حد ما، إذا وضعنا في اعتبارنا العدد الكبير من الأنظمة اللاهوتية التي طرحت عبر التاريخ. فالاعتقاد بوجود إلهي أطلق بداية الكون ثم "قعد يستريح" يراقب انكشاف الأحداث، دون أن يقوم بدور مباشر في الشؤون اللاحقة، يُعرَف بـ "الربوبية[2]،" هنا، تُحبَس طبيعة الإله بصورة ساعاتي مثالي، نوع من مهندس كوني، يصمم وينشيء آلية ضخمة ومعقدة ثم يطلقها إلى العمل. و "التوحيد"، على نقيض الربوبية، هو الاعتقاد بوجود إله خلق الكون، ولكن يبقى أيضاً معنياً

---

(1) أو العارفون، وهم جماعة تعتقد بأن الخلاص يأتي عن طريق المعرفة دون الإيمان. المترجم.

(2) الربوبية: هي الإيمان بالله دون الاعتقاد بديانات منزلة، ظهرت في القرن الثامن عشر. تنكر تدخل الخالق في نواميس الكون والإيمان فيها مبني على العقل لا على الوحي وتشدد على المناقبية والأخلاقية. المترجم.

مباشرة بالإدارة اليومية للعالم، وخصوصاً شؤون الكائنات الإنسانية، حيث يحتفظ الله، على الدوام، بعلاقة شخصية ودور موجه لهذه الكائنات. وفي كلتا الفكرتين: الربوبية والتوحيد، هناك تمييز واضح بين الإله والعالم، بين الخالق والمخلوق. فالإله يعتبر ككل مميزاً عن العالم الطبيعي، وفوقه، مع أنه يبقى مسؤولاً عن ذلك الكون. وفي النظام المعروف باسم " وحدة الوجود،"(1) ليس هناك فصل بين الإله والكون الطبيعي. وهكذا يُميِّز الإله بالطبيعة نفسها: كل شيء جزء من الإله، وهو موجود في كل شيء. وهناك أيضاً الـــنظام المعروف باسم "panentheism،" وهو يشبه مذهب وحدة الوجود في أن الكون جزء من الإله، ولكن الإله كله غير موجود فيه. وهي استعارة تنظر إلى الكون كجسم للإله.

وأخيراً، اقترح عدد من العلماء نموذجاً لإله يتطور ضمن الكون، ويصبح في النهاية مقتدراً جداً كما هو خالق الكون المادي عند أفلاطون. وعلى سبيل المثال، يمكن للمرء أن يتخيل حياة عاقلة أو حتى عقلاً آلياً يتقدم تدريجياً وينتشر في كامل الكون، محققاً السيطرة على أجزاء أوسع فأوسع حتى تتحسن، إلى حد بعيد، معالجته للمادة والطاقة بحيث يتعذر تمييزه عن الطبيعة ذاتها. قد يكون هذا العقل الشبيه بالإله تطور من نسلنا أو حتى من جماعة ما أو جماعات خارج حدود العالم الأرضي، ويمكن لأحدنا أن يتصور اندماج اثنين أو أكثر من هذه العقول المختلفة من خلال عملية التطور هذه. واقترح منظومات من هذا النوع الفلكي فريد هويْله، وعالم الطبيعة فرانك تايبلر، والكاتب اسحق عظيموف. ومن الواضح أن "الإله" في هذه المخططات أصغر مـــن الكون، وهو على الرغم من قوته الهائلة، فإنه ليس مطلق القدرة، ولا يعتبر كخالق للكون ككل، بل فقط

(1) وحدة الوجود؛ أو الحلولية: القول إن الله والطبيعة شيء واحد وإن الكون والإنسان ليسا سوى مظهر للذات الإلهية. المترجم.

لجزء من محتواه المنظم. (إلا إذا أُدخِل ترتيب ما مميز لسببية راجعة، يعمل بها العقل الخارق عند نهاية الكون رجوعاً في الوقت المناسب لخلق ذلك الكون، كجزء من حلقة سببية منسجمة مع ذاتها. وهناك تلميحات إلى مثل هـذا في أفكار عالم الطبيعة جون ويلر. وناقـش فرِدّ هويله أيضاً مشروعاً كهذا، ولكن ليس في سياق حادثة خلق تشمل كل شيء).

خَلْقٌ من عدم

تفترض أساطير الخلق عند الوثنيين وجود القوام المادي والكينونـة الإلهية معـاً، فهي ثنوية في الأساس. وعلى العكس، فقد استقرت الكنيسة المسيحية الأولى على عقيدة "**الخلق من عدم**،" وفيها الإله وحده هو الضروري. ويفترض أنه خلق الكون بكامله من عدم. وهكذا يعزى منشأ كل شيء، سواء كان منظوراً أو غير منظور بما في ذلك المادة، إلى فعل إبداعي حر من قبل الله. والمقوم المهم في هذه العقيدة هو القدرة المطلقة للإله: لاحد لقدرته الإبداعية، كما هي حال صانع الكون المادي عند الأغريق. وكما أنه لا يقيده العمل بمادة موجودة من قبل، كذلك لا تقيده قوانين موجودة مسبقاً، لأن جزءاً من فعله الإبداعي هو خلق تلك القوانين، وبذلك يرسخ النظام والانسجام في الكون. وتم رفض المعتقد الغنوسطي الذي يقول بفساد المادة لأنه لا يتفق وتجسد المسيح. وهي، أي المادة، ليست إلهية أيضاً كما في مشاريع وحدة الوجود، حيث تندمج الطبيعة بالكامل بوجود الإله. ويعتبر الكون الطبيعي- مخلوق الله- مميزاً ومستقلاً عن خالقه.

إن أهمية التمييز بين الخالق والمخلوق في هذا النظام هي أن العالم المخلوق يعتمد، بصورة مطلقة، في وجوده على الخالق. فإذا كان العالم الفيزيائي، بحد ذاته، إلهياً، أو صادراً، بوجه ما، مباشرة عن الخالق، عندئذ، كان يجب أن يكون شريكاً للخالق في ضرورة وجوده. ولكن، على اعتباره

خلق من عدم، ولأن الفعل الإبداعي كان اختياراً حراً للخالق، فإن الكون ما كان يجب أن يوجد. وهكذا كتب أوغسطين: "أنت خلقت شيئاً ما، وذلك الشيء من لا شيء. خلقت السماء والأرض، ليس من ذاتك، وإلا لكانا متساويين مع ابنك الوحيد، وبالتالي معك أيضاً." والاختلاف الأكثر وضوحاً بين الخالق والمخلوق هو أن الخالق أزلي في حين كان للعالم المخلوق بداية. وعلى هذا النحو أيضاً كتب اللاهوتي المسيحي المبكر إيرانيوس: "ولكن الأشياء التي أنشئت مختلفة عنه هو الذي أنشأها، وما صُنِع منه هو الذي صنعه. لأنه هو نفسه لم يُخلَق، ودون بداية ونهاية، ولا يحتاج إلى شيء. وهو نفسه كفيٌّ لهذا الشيء بالذات، الذي هو الوجود؛ ولكن الأشياء التي خلقها أُعطِيَت لها بداية."

ما تزال هناك، حتى اليوم، اختلافات عقائدية داخل الفروع الرئيسة للكنيسة، والاختلافات أوسع أيضاً بين مختلف الديانات العالمية، فيما يتعلق بمعنى الخلق، وتتراوح هــذه الاختلافات من أفكار الأصوليين المســيحيين والمسلمين، التي تقوم على أساس التفسير الحرفي للنصوص التراثية، إلى أفكار المفكرين المسيحيين الراديكاليين الذين يفضلون رأياً مجرداً تماماً حول الخلق. ولكن الجميع يتفقون، بمعنى أو بآخر، على أن العالم الفيزيائي غير كامل بذاته. إنه لا يفسر نفسه. وفي النهاية، يتطلب وجوده شيئاً ما خارج ذاته، ويمكن فهمه فقط من اعتماده على شكل ما من تأثير إلهي.

بداية الزمن

إذا عدنا إلى الموقف العلمي حول أصل الكون، لأمكن لأحدنا أن يسأل من جديد عن الدليل على أنه كان هناك أصل فعلاً. لا شك في أنه يمكن أن نتصور كوناً مستمراً إلى ما لا نهاية، وفيما يتعلق بالكثير من العلماء في العصر العلمي الحديث، الذين اقتفوا أثر كوبرنيك، وغاليلة، ونيوتن، فإنهم كانوا، في الواقع، يعتقدون عموماً بأزلية الكون. ولكن، كانت هناك بعض الجوانب المناقضة لهذا الاعتقاد. فنيوتن كان خائفاً بخصوص نتائج قانونه حول الجاذبية،

الذي اعتبر أن كل مادة في الكون تجذب كل مادة أخرى. وقد حيَّره لماذا لا يتهاوى كامل الكون إلى مجرد كتلة واحدة كبيرة. كيف يمكن للنجوم أن تبقى باستمرار معلقة في الفضاء دون سند، ودون أن تجذب بعضها بعضاً عن طريق قواها التجاذبية المتبادلة؟ وطرح حلاً بارعاً. فلكي ينهار الكون إلى مركز ثقله، يجب أن يكون له مركز ثقل. ولكن، إذا كان الكون لا متناهياً في المدى المكاني، ووفقاً للنسبة التي تشغلها النجوم بانتظام، عندئذ، لن يكون هناك مركز مميز يمكن للنجوم أن تسقط نحوه. وأي نجم مفترض يُجذَب، بصورة متعادلة، في كل الاتجاهات، ولذلك، يجب ألا تكون هناك قوة مُحَصِّلة في أي اتجاه مفترض.

هذا الحل غير مرضٍ في الواقع، لأنه غامض رياضياً: القوى المتنافسة، على اختلافها، لا متناهية حجماً. وهكذا بقي سر تفادي الكون للانهيار قائماً، واستمر إلى القرن الحاضر. حتى آينشتاين أصابته الحيرة. فنظريته في الجاذبية (نظرية النسبية العامة) التي وضعها في عام 1915، تم بسرعة تقريباً "تعديلها" في محاولـــة لتفسير استقرار الكون. تمثلت المشكلة بعبارة إضافية في معادلاته الخاصة في مجال الجاذبية التي تتطابق مع قوة دفع- نمط من جاذبية مضادة. فإذا تمت تسوية شدة قوة الدفع هذه بحيث تنسجم مع الجذب الثقالي لكل الأجرام الكونية بعضها لبعض، عندئذٍ، يمكن للجذب والدفع أن يتوازنا لإنتاج كون ساكن. ولكن، من سوء الحظ أن تحول التوازن إلى عدم استقرار، بحيث يعمل أقل اضطراب على التسبب في نجاح واحدة أو أخرى من القوتين المتنافستين، إما في بعثرة الكون في اندفاعة سريعة نحو الخارج، أو في انهياره نحو الداخل.

ولم يكن سر انهيار الكون أيضاً هو المشكلة الوحيدة التي ترافق كوناً أزلياً. ولكن، كان هناك شيء ما يدعى تناقض أولبرز، الذي يتعلق بظلمة سماء الليل. وتمثلت الصعوبة هنا في أنه لو كان الكون لا متناهياً في المدى المكاني أيضاً كما في العمر، لكان يجب أن ينصب على الأرض ضوء من كواكب أزلية في السماء. ويُظهِر حساب بسيط أن السماء لا يمكن أن تكون مظلمة في ظل ظروف كهذه. ويمكن حل التناقض عن طريق التسليم بعمر

متناه للكون، لأنه، في تلك الحالة، سيكون بالإمكان فقط رؤية تلك الكواكب التي احتاج ضوؤها إلى زمن لكي يعبر الفضاء إلى الأرض منذ البدء.

واليوم، يمكن أن نسلِّم بأنه ما من نجم يمكنه، بأية حال، أن يواصل احتراقه إلى ما لا نهاية، ذلك لأن وقوده سوف ينفذ. ويفيد هذا في توضيح مبدأ شائع جداً: كون أزلي لا يتفق مع استمرار وجود عمليات فيزيائية لا عكوسة. ولو أمكن للمنظومات الفيزيائية أن تخضع لتغيير لا عكوس بسرعة متناهية، لأمكنها أن تكمل تلك التغييرات اللا عكوسة في زمن لا متناه في الماضي. وبالتالي، ماكان يمكن اليوم أن نشهد تلك التغييرات (كإنتاج وإرسال ضوء هذه النجوم). والواقع هو أن العمليات اللاعكوسة وافرة في الكون الفيزيائي. فهو، من بعض الجوانب، يشبه، إلى حد ما، ساعة تتوقف ببطء. فكما أن الساعة لا يمكنها أن تدور إلى الأبد، كذلك الكون لا يمكنه أن "يدور" إلى الأبـــد دون "إعادة تعبئة الزنبرك."[1]

بدأت هذه المشكلات تفرض نفسها على العلماء في منتصف القرن التاسع عشر. وكان الفيزيائيون، حتى ذلك الوقت، يتعاملون بقوانين متماثلة في الزمن، لاتميز بين الماضي والمستقبل. وبعدئذٍ، عمل البحث في العمليات الدينمية الحرارية إلى تغيير ذلك نحو الأفضل. وفي صميم تلك الدينميات، يقع القانون الثاني، الذي يمنع الحرارة من الانتقال تلقائياً من الأجسام الباردة إلى الأجسام الحارة، بينما يسمح لها بالانتقال من الحارة إلى الباردة. ولهذا السبب، فإن هذا القانون غير عكوس. فهو يدمغ الكون بسهم الزمن، سهمٍ يشير إلى طريقة للتغيير الوحيد الاتجاه. وسرعان ما توصل العلماء إلى نتيجة تقول إن الكون محكوم بالانزلاق في اتجاه واحد نحو حالة التوازن الدينمي الحراري. هذا الميل نحو الانتظام، الذي تنتشر فيه درجات الحرارة مباشرة ويهدأ الكون إلى حالة مستقرة، أصبح يُعرَف بـــ "الموت الحراري."

---

(1) كناية عن التزود بالطاقة. المترجم.

وهـو يمثل حالة مـن الاضطراب الجزيئي الأعظمي، أو الاعتلاج[1]. وحقيقة أن الكون لم يمت بعد تماماً– أي أنه ما يزال في حالة أدنى من الاعتلاج الأقصى– تدل ضمناً على أنه لا يمكنه أن يبقى إلى الأبد.

اكتشف الفلكيون في العشرينيات أن الصورة التقليدية لكون سكوني كانت خاطئة في كل الأحوال. فقد وجدوا، في الواقع، أن الكون يتوسع، وأن المجرات تندفع بعيداً عن بعضها بعضاً. وهذا هو أساس نظرية الانفجار الكبير المعروفة جيداً، التي دخل بموجبها الكون بكامله إلى الوجود فجأة قبل خمسة عشر بليون سنة على شكل انفجار هائل. ويمكن اعتبار التوسع الذي نراه اليوم كأثر لذلك الانفجار البدائي. وكثيراً ما استقبل اكتشاف الانفجار الكبير بالترحاب لأنه يؤكد الرواية التوراتية التي وردت في سفر التكوين. وقد أشار البابا بيوس الثاني عشر إلى ذلك فعلاً، في عام 1951، في خطابه إلى الأكاديمية البابوية للعلوم. ولا شك في أن سيناريو الانفجار الكبير يحمل فقط التشابه الأكثر سطحية مع سفر التكوين، إلى درجة أوجبت تفسيره بطريقة رمزية تماماً لإيجاد علاقة ما. وحول أفضل ما يمكن قوله هو أن كلتا الروايتين تحتاجان إلى بداية مفاجئة أكثر منها تدريجية، أو لا بداية إطلاقاً.

تفادت نظرية الانفجار الكبير، بصورة آلية، تناقضات الكون الأزلي. فما دام الكون متناه عمراً، فإنه لم تبق هناك مشكلات مع عمليات لا عكوسة. ومن الواضح أن الكون بدأ، بمعنى من المعاني، بـ "تعبئة الزنبرك"، وما يزال حالياً مشغولاً بحله[2]. وسماء الليل مظلمة لأنه يمكن أن نرى فقط مسافة متناهية في الفضاء (حوالي خمسة عشر بليون سنة ضوئية)، وهذه هي المسافة القصوى التي منها كان يمكن للضوء أن يصل إلى الأرض منذ البدء. وليست هناك صعوبة حول كون ينهار تحت ثقله الخاص. وبما أن المجرات تتحرك متباعدة، فإنها تتفادى السقوط مع بعضها بعضاً لفترة، على الأقل.

(1) الانتروبيا Entropy. المترجم.

(2) كناية عن استهلاك الطاقة. المترجم.

وعلى الرغم من ذلك، فإن النظرية لا تحل سوى مجموعة واحدة من المشكلات، ولكن لتواجهها مجموعة أخرى، ليس أقلها تعليل سبب الانفجار الكبير بالدرجة الأولى. هنا نواجه مراوغة مهمة حول طبيعة هذا الانفجار. فبعض الروايات الشائعة تخلف الانطباع بأنه نجم عن انفجار كتلة مركزة من المادة التي تتوضع في مكان خاص في فراغ موجود من قبل. وهذا خداع مفضوح! فنظرية الانفجار الكبير تقوم على أساس نظرية النسبية العامة لآينشتاين. وواحد من الملامح الرئيسة للنسبية العامة هو أنه لا يمكن فصل شؤون المادة عن شؤون المكان والزمان. إنه الارتباط الذي ينطوي على مضامين عميقة بخصوص أصل الكون. فلو تخيل أحدنا أن "الشريط السينمائي الكوني يدور رجوعاً" لرأى أن المجرات تقترب من بعضها أكثر فأكثر حتى تندمج. ثم تنضغط مادة المجرات أكثر فأكثر حتى تصل إلى حالة هائلة من الكثافة. وقد يتساءل المرء حول ما إذا كان هناك أي حد لدرجة الانضغاط أثناء سيرنا رجوعاً إلى لحظة الانفجار.

من السهل أن ندرك أنه لا يمكن أن يكون هناك حد بسيط لهذا الانضغاط. ولنفترض أنه كانت هناك حالة من الانضغاط الأعظمي. ينطوي هذا الافتراض على وجود نوع ما من قوة باتجاه الخارج للتغلب على الجاذبية الهائلة؛ وإلا لنجحت الجاذبية، ووصل انضغاط المادة إلى أبعد من ذلك. أضف إلى ذلك أن هذه القوة باتجاه الخارج لا بد أن تكون هائلة فعلاً، لأن قوة الجاذبية باتجاه الداخل تزداد دون قيد مع ارتفاع الضغط. وإذن، ما طبيعة قوة الاستقرار هذه؟ لعلها نوع من ضغط المادة أو صُلْبِيَّتها – من يعرف أية قوى يمكن أن تقوم الطبيعة بحشدها في ظل ظروف قاسية كهذه؟ ولكن، مع أننا لا نعرف تفاصيل تلك القوى، فإنه لا بد من أن تنطبق عليها بعض الاعتبارات. فعلى سبيل المثال، عندما تتصلب المادة أكثر فأكثر، يصبح الصوت في المادة الكونية أكثر سرعة. ويبدو واضحاً أن سرعة الصوت ستتجاوز سرعة الضوء، إذا أصبحت صُلبية المادة الكونية البدائية

أكبر بما يكفي. ولكن هذا يناقض بقوة نظرية النسبية، التي تفترض أنه ليس هناك تأثير فيزيائي ينتقل بسرعة أكبر من سرعة الضوء. ولهذا، لا يمكن أبداً أن تكون المادة متصلبة إلى ما لا نهاية. وبالتالي، فإن قوة الجاذبية، في مرحلة ما من مراحل الانضغاط، لا بد أنها كانت أكبر من قوة التصلب، التي تدل ضمناً على أن الصلّبية لم تكن قادرة على احتواء ميل الجاذبية إلى الانضغاط.

وكانت النتيجة التي تم التوصل إليها فيما يتعلق بهذا الصراع بين القوى البدائية هي أنه، في ظل ظروف الانضغاط الشديد، كما حدث أثناء الانفجار الكبير، لا توجد قوة في الكون يمكنها أن تقف في وجه قوة السحق التي تتمتع بها الجاذبية. ليس للسحق حد. فلو كان انتشار المادة منتظماً في الكون، لوجب أن تنضغط إلى ما لا نهاية في أول لحظة. وبمعنى آخر، كان يجب أن ينضغط الكون بكامله إلى نقطة وحيدة. ولكانت قوة الجاذبية، وكثافة المادة لا نهائيتين عند هذه النقطة. وتعرف نقطة الانضغاط اللانهائي هذه عند علماء الفيزياء والرياضيات بـ "المُفْرَدِيَّة[1] Singularity".

وعلى الرغم من أننا نسترشد بأسس بسيطة جداً لكي نتوقع وجود مُفْرَدِيَّة في أصل الكون، فإننا نحتاج إلى بحث رياضي يتسم بالدقة لتأكيد النتيجة بقوة. وقد عمل في هذا البحث، بصورة رئيسة، العالمان البريطانيان روجر بنروز وستيفن هوكنغ. وفي سلسلة من النظريات الفعالة، أثبتا أن مُفْرَدِيَّة الانفجار الكبير كانت حتمية طالما كانت الجاذبية قوة آسرة في ظل الظروف القاسية للكون البدائي. وأهم جانب في النتائج التي توصلا إليها هو أنه لا يمكن تفادي المفردية حتى في ظل عدم التساوي في توزيع المادة الكونية. وهي سمة عامة لكون صوَّرته نظرية آينشتاين في الجاذبية– أو أية نظرية مماثلة تتعلق بهذه المسألة.

واجهت فكرة مفردية الانفجار الكبير، عندما طرحت لأول مرة، مقاومة كبيرة بين علماء الفيزياء وعلماء الكونيات. ويعود ذلك إلى الحقيقة التي أتينا

(1) نقطة لا متناهية الكثافة في مركز الثقب الأسود. المترجم.

على ذكرها حول ترابط المادة، والزمان، والمكان في نظرية النسبية العامة. وينطوي هذا الارتباط على مضامين هامة فيما يخص طبيعة الكون المتوسع. وببساطة، يمكن للمرء أن يفترض أن المجرات تندفع متباعدة عبر المكان. ولكن الصورة الأكثر دقة، هي أن نتصور المكان بالذات ينتفخ أو يتمطط. أقصد أن المجرات تتحرك متباعدة لأن المكان بينها يتوسع. (أحيل القرّاء الذين لا تسعدهم فكرة توسع المكان إلى كتابي **حافة اللانهاية**، وذلك لمزيد من الدراسة). وعلى العكس، كان المكان في الماضي منكمشاً. فلو فكرنا في لحظة الانضغاط اللا نهائي، لوجدنا أن المكان انكمش إلى ما لا نهاية. ولكن، لو كان المكان منكمشاً إلى ما لا نهاية، لوجب أن يختفي حرفياً، كالبالون الذي يتغضن إلى لا شيء. والرابطة البالغة الأهمية بين المكان، والزمان، والمادة تشير إلى أن الزمان يجب أن ينتهي أيضاً. إذ لا يمكن أن يكون هناك زمان دون مكان. وهكذا تكون مفردية المادة مفردية زمانية مكانية أيضاً. وبما أن كل قوانيننا في الفيزياء صيغت بلغة المكان والزمان، فإن هذه القوانين لا يمكن تطبيقها بعد النقطة التي يتوقف عندها وجود المكان والزمان. ومن هنا، يجب أن تنهار قوانين الفيزياء عند المفردية.

وعندئذٍ، تكون الصورة التي نحصل عليها بخصوص منشأ الكون صورة رائعة. ففي لحظة ما متناهية في الماضي، كان عالم المكان، والزمان، والمادة محدوداً بمفردية الزمان المكاني[1]. ولذلك، تمثل نشوء الكون ليس فقط بالظهور المفاجيء للمادة، بل بظهور المكان والزمان أيضاً.

لا يمكن أن نفرط في التشديد على أهمية هذه النتيجة. وكثيراً ما يسأل الناس: أين حدث الانفجار الكبير؟ فهو لم يحدث إطلاقاً في نقطة في المكان. فالمكان بالذات نشأ بالانفجار الكبير. وهناك صعوبة مماثلة حول السؤال: ما الذي حدث قبل الانفجار الكبير؟ ويأتي الجواب، لا شيء "قبل." فالزمن

(1) أو الزمكاني، كما يقول البعض. المترجم.

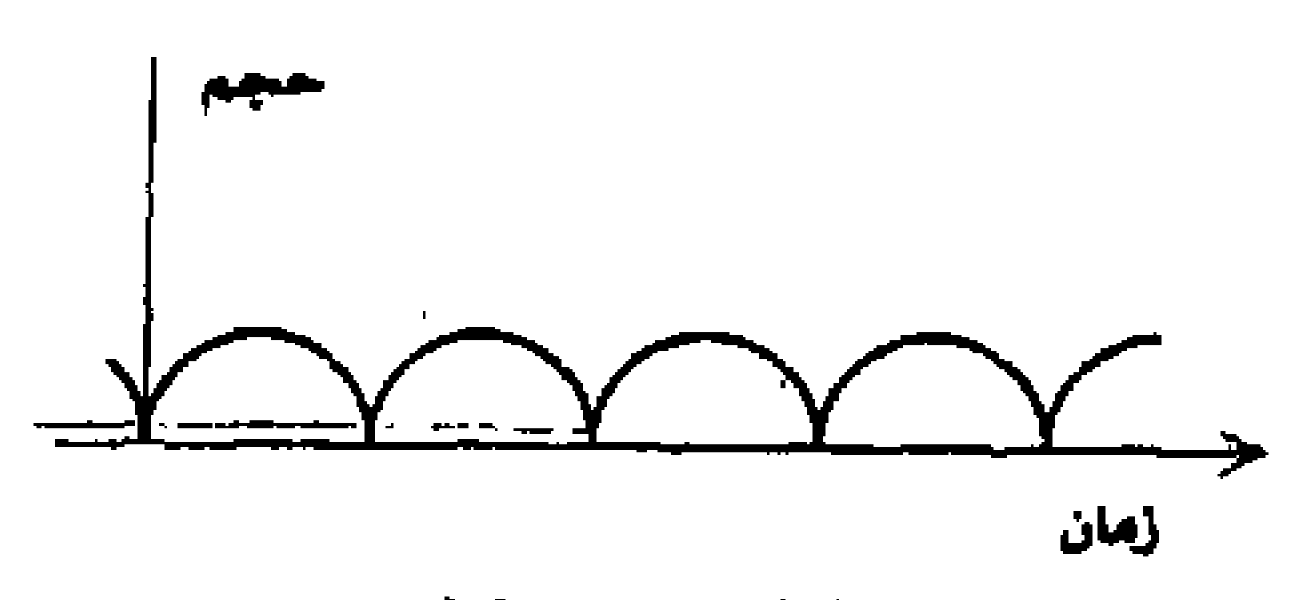
بالذات بدأ في الانفجار الكبير. وقد صرح القديس أوغسطين منذ وقت طويل، كما رأينا، بأن العالم خُلِقَ مع الزمن لا في الزمن، وذلك هو، على وجه الدقة، موقف العلم الحديث.

ولكن، ما كل العلماء كانوا على استعداد للاتفاق مع هذا الرأي. فعلى الرغم من القبول بفكرة توسع الكون، حاول بعض علماء الكونيات، مع ذلك، صياغة نظريات تتفادى المنشأ المفرد للمكان والزمان.

زيارة ثانية إلى عالم دوري

على الرغم من قوة التراث الغربي بخصوص خلق الكون وخطِّيَّة الزمن، فإن إغراء العودة الأزلية يكمن دائماً تحت السطح. فقد بُذِلَت، حتى في العصر الحديث للانفجار الكبير، محاولات لإعادة علم الكون الدوري إلى مكانته. وكما رأينا سابقاً، كان العلماء، عندما قام آينشتاين بصياغة نظريته العامة في النسبية، ما يزالون على قناعتهم بسكونية النظام الكوني، مما دفعه إلى "تكييف" معادلاته لإيجاد توازن بين الجذب والدفع. ولكن ألكسندر فريدمان، عالم الأرصاد الجوية الروسي المغمور، قام، في غضون ذلك، بدراسة معادلات آينشتاين ومضامينها حول علم الكون. واكتشف عدداً من الحلول المشوقة، وكل منها يصف كوناً يتوسع أو ينكمش. وكانت مجموعة واحدة من تلك الحلول تتوافق مع كون يبدأ بانفجار كبير، ويتوسع بسرعة تتناقص دائماً، ثم يبدأ بالانكماش من جديد. ويعكس طور الانكماش طور التوسع، بحيث يزداد الانكماش شيئاً فشيئاً إلى أن يختفي الكون بـ "انسحاق كبير،" أو انفجار كارثي إلى الداخل كالانفجار الكبير ولكنه معكوس. وبعدئذ، يمكن لهذه الدورة من التوسع والانكماش أن تتواصل إلى دورة أخرى، ثم أخرى، وهكذا **إلى ما لا نهاية** (انظر الصورة 1). وفي عام 1922، أرسل فريدمان تفاصيل حول نموذج كونه الدوري إلى آينشتاين، ولكن هذا لم يتفق

معه في الرأي. ولم يحظ عمل فريدمان باعتراف مناسب إلا بعد بضع سنوات، مع اكتشاف إدوين هوبل وعلماء كون آخرين أن الكون يتوسع فعلاً.



الصورة (1): كون متذبذب

تظهر الصورة كيف يختلف حجم الكون بمرور الزمن عندما يتوسع وينكمش بطريقة دورية.

لم تفرض حلول فريدمان على الكون أن يتذبذب مع طوري التوسع والانكماش. وتنهض أيضاً بأعباء كون يبدأ بالانفجار الكبير ثم يواصل توسعه إلى الأبد. وأي من هذه البدائل يعتمد في تفوقه على كمية المادة الموجودة في الكون. وفي الأساس، إذا كانت هناك مادة كافية، فإن جاذبيتها سوف تعمل، في النهاية، على وقف التبعثر الكوني، وتسبب انهياراً جديداً. ولهذا، علينا أن ندرك فعلاً خوف نيوتن من انهيار كوني، حتى ولو تم ذلك بعد بلايين السنين. وتكشف القياسات أن النجوم لاتشكل سوى 1% من الكثافة اللازمة لانهيار الكون. ولكن، هناك دليل قوي على وجود كمية كبيرة من مادة مظلمة أو غير مرئية، ربما تكفي لسد العجز. وما من أحد يعرف بالتأكيد طبيعة هذه "المادة الضائعة."

إذا كانت هناك مادة كافية تسبب الانكماش، فعلينا أن نضع في اعتبارنا احتمال أن الكون ينبض(1)، كما نلاحظ في الصورة 1. ويصوّر الكثير من الكتب الشائعة حول علم الكون النموذج النابض، وتشير إلى تساوقه مع علوم الكون الهندوسية والأخرى الشرقية التي تقول بطبيعة

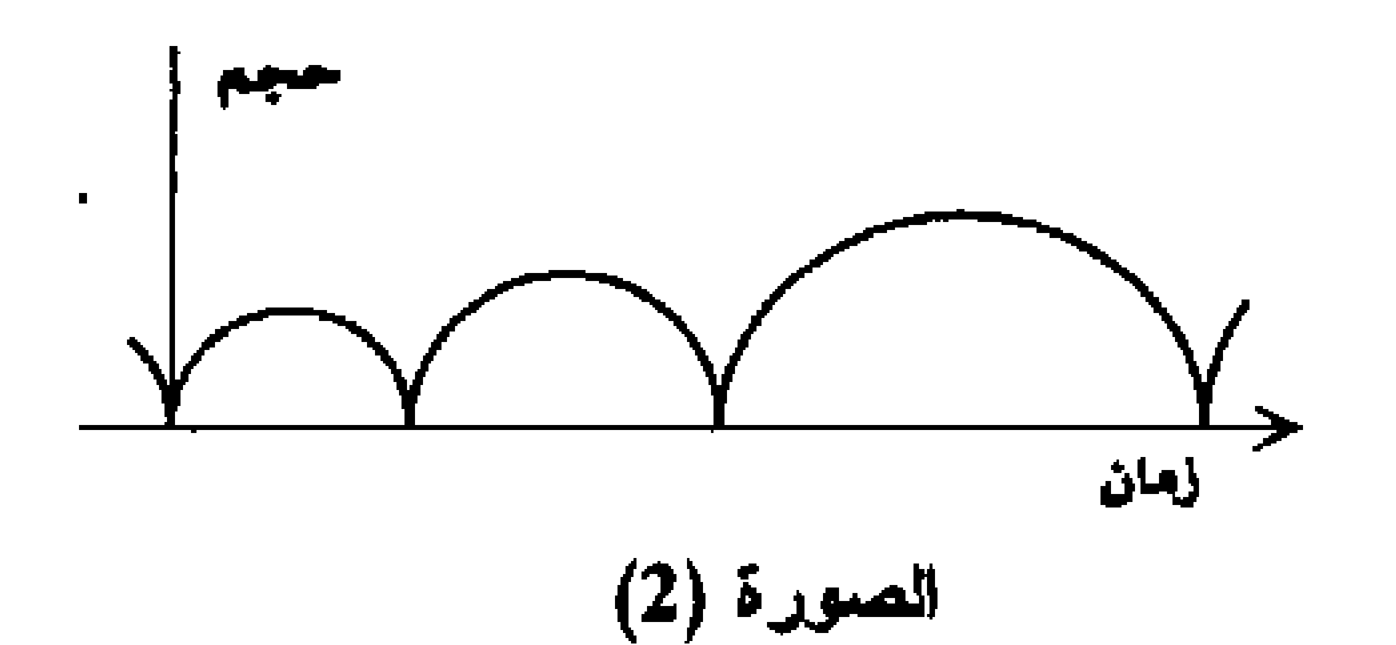
---

(1) أو يتغير دوريا. المترجم.

دورية. فهل يمكن أن يكون الحل التذبذبي عند فريدمان هو النسخة العلمية للفكرة القديمة حول الرجعة الأزلية، وأن الأمد الذي يصل إلى بلايين عديدة من السنين منذ الانفجار الكبير حتى الانسحاق الكبير يمثل السنة المديدة في دورة حياة البراهما؟

وعلى الرغم مما يبدو من إغراء هذه القرائن، فإنها تفشل في الصمود أمام التقصي الدقيق. فالنموذج، قبل كلَ شيء، ليس دورياً بدقة بالمعنى الرياضي. ونقاط الإعداد لدورة تالية من الانسحاق الكبير إلى الانفجار الكبير هي، في الواقع، مُفْرَدِيّات تعني أن المعادلات ذات الصلة تتعطل هناك. ولكي يرتد الكون من انكماش إلى توسع دون أن يواجه مفرديات، لا بد لشيء ما من أن يعمل على عكس شدّ الجاذبية ودفع المادة إلى الخارج من جديد. والارتداد، في الأصل، ممكن فقط إذا طغت على حركة الكون قوة هائلة منفرِّة (أي، دافعة)، كقوة "التكييف" التي اقترحها آينشتاين ولكنها أكبر مدى عن طريق عامل ضخم.

وحتى لو أمكن اختراع آلة تلبي هذه الحاجة، فإن دورية النموذج تهتم فقط بالحركة الإجمالية للكون، وتتجاهل العمليات الفيزيائية داخله. والقانون الثاني للدينميات الحرارية أيضاً يقضي بأن تولِّد هذه العمليات اعتلاجاً، وأن يواصل إجمالي الاعتلاج ارتفاعه من دورة إلى دورة تالية. واكتشف ريتشارد تولمان، في الثلاثينات، أن النتيجة هي تأثير غريب إلى حد ما. فقد وجد أنه عندما يرتفع اعتلاج الكون، تصبح الدورات أيضاً، وأخيراً، أطول فأطول (الصورة2). والمحصلة هي أن الكون ليس دائرياً بدقة أبداً. ومما يدعو إلى الاستغراب، هو أنه على الرغم من تواصل ارتفاع الاعتلاج، فإن الكون لا يصل أبداً إلى توازن دينمي حراري- لا وجود هناك لحالة اعتلاج قصوى. ويكتفي بمواصلة النبض إلى الأبد، مولِّداً على طول الطريق مزيداً ومزيداً من الاعتلاج.

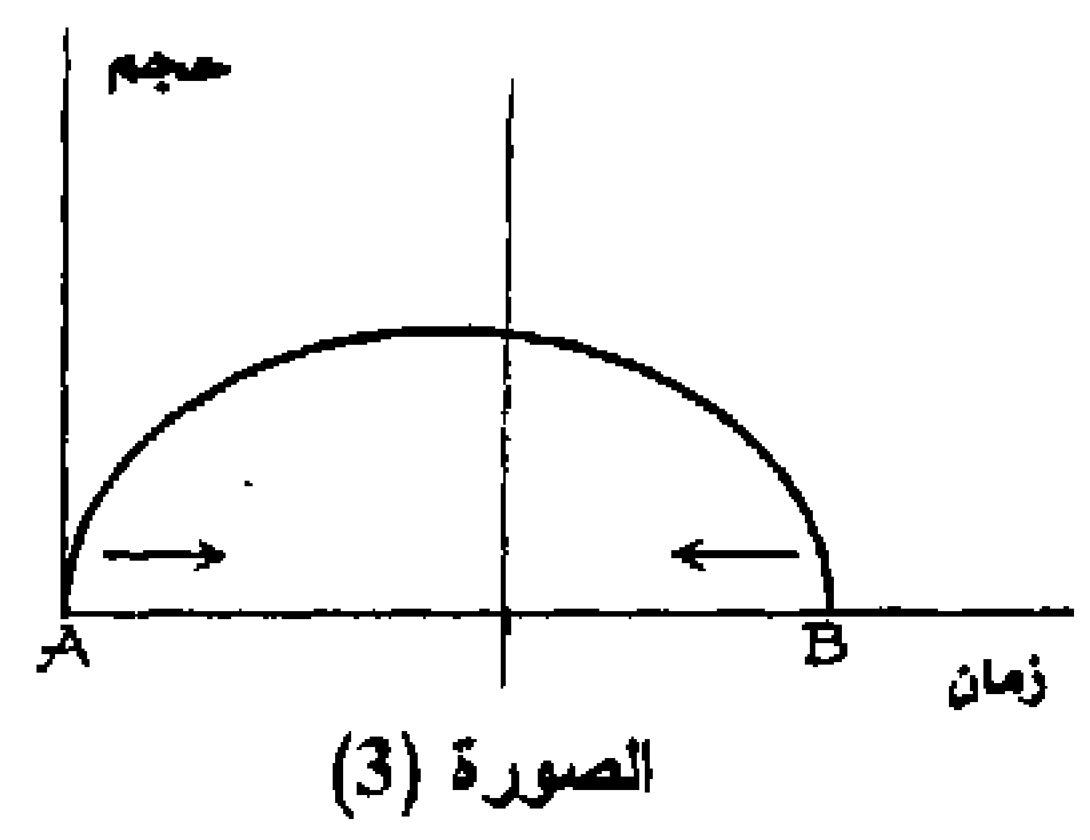


الصورة (2)

في النموذج الأكثر واقعية لكون متذبذب، تزداد الدورات اتساعاً بمرور الزمن

في الستينيات، ظن الفلكي، توماس غولد، أنه اكتشف، بالفعل ، نموذجاً دورياً للكون. وكان يعرف أنه لا يمكن الدفاع عن فكرة الكون الساكن إلى الأزل لأنه سوف يصل إلى توازن دينمي حراري في زمن متناه. وقد أذهلته حقيقة أن توسع الكون يعمل بالضد من ذلك عن طريق تبريد المادة الكونية (هذا هو المبدأ المعروف القائل إن المادة تبرد عندما تتوسع). وبدا له أن ارتفاع الاعتلاج الكوني يمكن أن يعزى إلى حقيقة أن الكون يتوسع. ولكن هذا الاستنتاج حمل معه تلميحاً إلى نبوءة هامة: لو انكمش الكون، لسار كل شيء إلى الوراء- هبط الاعتلاج من جديد، وانعكس القانون الثاني للدينميات الحرارية. وبمعنى من المعاني، يجب أن يسير الزمن إلى الوراء. وأشار غولد إلى أن هذا الانعكاس ينطبق على كل الأنظمة، بما فيها دماغ الإنسان وذاكرته، وهكذا، فإن السهم النفسي للزمن سوف ينعكس: عندئذٍ "نتذكر المستقبل" بدلاً من الماضي. وأي كائنات واعية تعيش فيما نعتبره طور انكماش سوف تعكس تعاريفنا للماضي والحاضر، وتعتبر نفسها أيضاً كأنما تعيش خلال طور توسع الكون (الصورة 3). وسيكون طورنا، وفقاً لتعريفهم، طور انكماش. ولو كان الكون، بنتيجة الانعكاس، متماثلاً فعلاً في الزمن، لكانت الحالة النهائية للكون في الانسحاق الكبير مماثلة لحالته في الانفجار الكبير. ولذلك، يمكن تمييز هاتين الحادثتين، وإغلاق الزمن إلى عروة، وفي تلك الحالة، سيكون الكون دورياً فعلاً.

قام جون ويلر أيضاً بالبحث حول فكرة الكون المتماثل زمنياً، وكان يظن أن انعكاس الدورة قد لا يحدث فجأة، بل تدريجياً، كدورة المد والجزر. وبدلاً من انعكاس سهم الزمن فجأة في حقبة التوسع الأعظمي، فإنه ربما يترنح ببطء، ثم يتلاشى جملة قبل أن يدور متأرجحاً إلى نقطة في الطريق الأخرى. وخمن ويلر أنه نتيجة لبعض العمليات اللاعكوسة ظاهرياً، كتفكك النوى المشعة، يمكن أن تظهر إشارات التباطؤ قبل الانعكاس. ورأى أن مقارنة سرعات التفكك الإشعاعي اليوم مع قِيَمِها في الماضي السحيق، يمكن أن تشير إلى هذا التباطؤ.



الصورة (3)

كون انعكاس الزمن. خلال طور التوسع يسير الزمن إلى أمام، وخلال دور الانكماش، يسير إلى الوراء. وبالنتيجة، يمكن تحديد أول وآخر لحظة A و B، وهكذا، ينغلق الزمن إلى عروة.

وهناك ظاهرة أخرى تعرض سهماً مميزاً للزمن هي إرسال الإشعاع الكهرطيسي. فتُستقبَل الإشارة الكهرطيسية، مثلاً، دائماً بعد إرسالها، وليس قبله أبداً. هذا لأن المرسلات الكهرطيسية عندما تولّد موجات كهرطيسية، فإن تلك الموجات تتدفق إلى الخارج من الهوائي إلى أعماق الكون. ولا نلاحظ أبداً نماذج منظمة من الموجات الكهرطيسية تأتي من حدود الكون لتتجمع على الهوائيات الكهرطيسية. (نشير تقنياً إلى الموجات المتدفقة إلى الخارج بعبارة "متأخرة،" وإلى الموجات المتدفقة إلى الداخل بعبارة "متقدمة"). ولكن، إذا كان على سهم الزمن أن ينعكس في طور انكماش الكون، عندئذٍ، يجب أن ينعكس اتجاه حركة الموجات الكهرطيسية أيضاً–

تستبدل الموجات المتأخرة بموجات متقدمة. وفي سياق "دوران المد والجزر" عند ويلر، يوحي هذا بأن كافة الموجات الإشعاعية القريبة إلى الانفجار الكبير يجب أن تكون متأخرة؛ وعندئذٍ، تحدث زيادة كبيرة في كميات الموجات المتقدمة مع اقتراب حقبة التوسع الأعظمي. وفي معظم الأحوال، سوف تتساوى الموجات المتأخرة والمتقدمة، بينما تسود الموجات المتقدمة خلال طور الانكماش. فلو صحت هذه الفكرة، إذن لدلّت على أن هناك خليطاً زهيداً جداً من الموجات الكهرطيسية المتقدمة في حقبتنا الكونية الراهنة. وفي الواقع، يجب أن تكون تلك الموجات قادمة "من المستقبل."

تبدو هذه الفكرة خيالية، ولكن، على الرغم من ذلك، خضعت للاختبار في تجربة قام بها العالم الفلكي بروس بارتريدج في السبعينيات. وكان المبدأ الذي قامت عليه التجربة هو أنه إذا وجهنا موجات لا سلكية مرسلة عن طريق هوائي إلى شاشة بحيث يتم امتصاصها، فإن هذه الموجات سوف تتأخر بنسبة 100% وإذا سمح لها بالتدفق بعيداً إلى الفضاء، فإن جزءاً منها سيستمر من غير أن يتأثر حتى بـــ " دورة المد والجزر." عندئذٍ، يمكن للمجموعة المتقدمة، وليس المتأخرة، أن تمتلك مكوّناً متقدماً بالغ الصغر. فإذا صح ذلك، فإن الموجات المتقدمة ستعيد إلى الهوائي جزءاً بسيطاً من الطاقة التي أخرجتها الموجات المتأخرة. وسيحدث في النتيجة اختلاف بسيط في الطاقة المفرغة من الهوائي عندما توجه إلى الشاشة بالمقارنة مع توجيهها إلى الفضاء. ولكن، رغم الحساسية العالية للقياسات، فإن بارتريدج لم يجد دليلاً على موجات متقدمة.

على الرغم مما تنطوي عليه فكرة الكون المتماثل زمنياً من تشويق، فإن الدفاع عنها بشكل منطقي صعب جداً. إحصائياً، إن الأكثرية الساحقة من الحالات الابتدائية المحتملة للكون لا تسبب انعكاساً، وسوف "يتحول المد والجزر" فقط في حالة اختيار حالة كونية تنتمي إلى مجموعة غريبة وخاصة جداً. ويمكن مقارنة الحالة بانفجار قنبلة داخل حاوية فولاذية: يمكن أن نتصور أن كل شظايا القنبلة ترتد بانسجام عن جدران الحاوية وتعود معاً

لتكوين القنبلة من جديد. هذا النوع من السلوك التآمري ليس مستحيلاً تماماً، ولكنه يتطلب مجموعة مبتكرة، إلى حد لا يصدق، من الظروف.

رغم ذلك، أثبتت فكرة الكون المتماثل زمنياً موجوديتها إلى درجة دفعت حتى ستيفن هوكنغ مؤخراً إلى التعامل معها كجزء من برنامجه الكمومي لعلم الكون، الذي سأشرحه بعد قليل. ولكن هوكنغ يعترف في البحث التالي الأكثر تفصيلاً بأن اقتراحه قد تعرض لسوء الفهم.

خَلْقٌ متواصل

يروي توماس غولد قصة حول أنه كان في مساء أحد الأيام، في أواخر الأربعينات، عائداً مع هيرمان بوندي من السينما، بعد مشاهدتهما فيلماً تحت اسم **ميت الليل**، كان يدور حول أحلام ضمن أحلام شكلت سلسلة لا نهاية لها. وفي طريقهما إلى البيت، خطر لهما أن موضوع الفيلم قد يكون قصة رمزية للكون. إذ ربما لم يكن للكون بداية، ولا حتى انفجار كبير. وربما كانت له، بدلاً من ذلك، وسيلة لإعادة شحن نفسه باستمرار لكي يمكنه المحافظة على استمرار مسيرته إلى الأبد.

وفي الأشهر التالية، أعلن بوندي وغولد فكرتهما. وكان الملمح الرئيس لنظريتهما هو أنه ليس هناك أساس لانفجار كبير للكون تكونت فيه المادة كلها. وبدلاً من ذلك، كانت تتكون باستمرار، مع توسع الكون، جسيمات جديدة تملأ الفجوات لكي لا تتبدل فيها الكثافة العادية للمادة. وسوف تجتاز أي مجرة مستقلة دورة تطور حياتية، تبلغ أوجها بموتها عندما تحترق النجوم، ولكن يمكن أن تتشكل مجرات من المادة التي تكونت حديثاً. وفي أي زمن معلوم، سيكون هناك مزيج من مجرات من عصور مختلفة، ولكن توسع القديمة جداً منها سيكون ضئيلاً، لأن الكون سيكون قد توسع كثيراً منذ ولادتها. وتخيل بوندي وغولد بقاء سرعة توسع الكون ثابتة، وسرعة تكوّن المادة كأنما لتحافظ فقط على كثافة عادية ثابتة. وهي حالة تشبه حالة نهر يبدو نفسه إجمالاً، مع أن الماء يتدفق خلاله

باستمرار. فالنهر ليس ساكناً، ولكنه في حالة استقرار. ولذلك، أطلق على هذه النظرية تسمية "نظرية الحالة المستقرة" للكون.

ليس لكون الحالة المستقرة بداية أو نهاية، ويبدو واحداً بمعدل كل الحقب الكونية، على الرغم من التوسع. ويتفادى هذا النموذج الموت الحراري، لأن حقن مادة جديدة يحقن أيضاً اعتلاجاً سلبياً: لكي يعود إلى مقارنة الساعة، يواصل باستمرار تعبئة الزنبرك من جديد. ولم يقدم بوندي وغولد آلية مفصلة لتفسير كيف تكونت المادة، ولكن زميلهما فريد هويله عكف على دراسة هذه المشكلة فقط. وبحث احتمال "مجال تكوين" يؤثر في إنتاج جسيمات جديدة من المادة. وبما أن المادة شكل من الطاقة فقد تؤوّل آلية هويله على أنها انتهاك لقانون حفظ الطاقة، ولكن لا ضرورة إلى أن تكون المسألة هكذا. فمجال الخلق بالذات يحمل طاقة سلبية، وعن طريق ترتيب الأشياء بدقة، يمكن تعويض الطاقة الإيجابية للمادة المتكونة، بصورة تامة، بواسطة الطاقة السلبية المعززة التي يحملها هذا المجال. وفي دراسة رياضية لهذا التفاعل، اكتشف هويله أن نموذجه الكوني لمجال الخلق، يميل آلياً نحو، وضع الحالة المستقرة الذي تتطلبه نظرية بوندي وغولد ثم يبقى فيه.

ضَمِنَ عمل هويله، عن طريق المساندة النظرية الضرورية التي هيأها، أن تؤخذ نظريـــة الحالـــة المستقرة بجديـــة، فاعتبرت على مدى عقد أو أكثر منافسة كفوءة لنظرية الانفجار الكبير. وشعر كثير من العلماء، بمن فيهم واضعوا نظرية الحالة المستقرة، أنهم أزالوا، بإلغائهم لنظرية الانفجار الكبير، مرة، وإلى الأبد، الحاجة إلى أي نوع من التفسير الخارق للكون. ففي كون لا بداية له لا حاجة لحادثة خلق أو خالق، وكون فيه حقل فيزيائي للخلق لـــ "تعبئة الزنبرك ذاتياً" لا يحتاج إلى أي مداخلة إلهية للمحافظة على استمراره.

كان الاستنتاج، في الواقع، استنباطاً خُلْفياً[1] non-sequitur. فحقيقة أنه قد لا يكون للكون أصل في الزمن لا تعلل وجوده، أو لماذا اتخذ الشكل الذي

(1) استنباط أو استنتاج لا يتفق مع المقدمات.المترجم.

هو عليه. ولا شك في أنها لا تفسر سبب احتواء الطبيعة على مجالات ذات صلة كـ (مجال الخلق) ومبادىء فيزيائية توطد وضع الحالة المستقرة. ومما يدعو إلى السخرية، أن يرحب بعض اللاهوتيين فعلاً بنظرية الحالة المستقرة بوصفها طريقة عمل للنشاط الإبداعي للإله. فضلاً عن ذلك، إن كوناً يعيش إلى الأبد، متفادياً الموت الحراري، ينطوي على إغراء لاهوتي مهم. فقد أسس ألفريد نورث وايتهيد، مع دخول القرن العشرين، المدرسة العملياتية المعروفة للاّهوت. وقد رفض اللاهوتيون من أتباع هذه المدرسة المفهوم المسيحي التقليدي للخلق من العدم لصالح كون لا بداية له. وبدلاً من ذلك، فإن النشاط الإبداعي للإله يُظهِر نفسه كعملية متواصلة، أي تقدم إبداعي في نشاط الطبيعة. وسأعود إلى موضوع علم الكون الإبداعي في الفصل السابع.

وفي النتيجة، فقدت نظرية الحالة المستقرة حظوتها، لا على أسس فلسفية، بل لأن المشاهدات كذبتها. فالنظرية طرحت نبوءة واضحة جداً حول أن الكون يبدو واحداً في كل الحقب، وقد أمكن اختبار هذه النبوءة عند ظهور مناظير لا سلكية كبيرة. فعندما يراقب الفلكيون أجساماً بعيدة جداً، فإنها لا تبدو كما هي اليوم، بل كما كانت في الماضي السحيق، عندما تركها الضوء أو الموجات اللاسلكية في رحلتها الطويلة إلى الأرض. ويمكن للفلكيين، في الوقت الحاضر، أن يدرسوا الأجسام التي تبعد بلايين السنوات الضوئية، حتى أنهم يرونها كما كانت قبل عدة بلايين من السنوات. وهكذا، يمكن للمعاينة العميقة للفضاء أن توفر "لقطات" للكون في حقب متتالية بهدف المقارنة. وقد أصبح واضحاً، منذ منتصف الستينيات، أن الكون قبل عدة بلايين من السنين كان يبدو مختلفاً كثيراً عما هو عليه اليوم، وخصوصاً بمقارنة أعداد المجرات من مختلف الأنواع.

وجاء آخر مسمار في نعش نظرية الحالة المستقرة عام 1965 مع اكتشاف أن الكون يستحم بإشعاع حراري يصل إلى ثلاث درجات تقريباً فوق الصفر المطلق(1). وهذا الإشعاع، كما يُظَنّ، بقية صريحة من الانفجار الكبير، إنه نوع

(1) درجة الصفر المطلق هي: -273.20° سنتيغراد. المترجم.

الوميض المتلاشي للحرارة البدائية التي رافقت ولادة الكون. ويصعب على المرء أن يفهم كيف أمكن لهذا الحمام الإشعاعي أن ينشأ دون أن تكون المادة الكونية قد تعرضت، في وقت ما، لضغط مرتفع وحرارة هائلة. وحالة كهذه لا تحدث في نظرية الحالة المستقرة. ولكن حقيقة أن الكون ليس في حالة ثابتة لا يعني، طبعاً، أن الخلق المتواصل للمادة غير ممكن، ولكن الدافع لمجال الخلق عند هويله تقوّض، إلى حد بعيد، عندما تم إثبات أن الكون يتطور. واليوم، يسلم جميع علماء الكون تقريباً بأننا نعيش في كون كان بدأ في وقت محدد في الماضي بانفجار كبير، ويتطور باتجاه نهاية غير مؤكدة.

فإذا قبلنا فكرة نشوء الزمان، والمكان، والمادة في المفردية التي تمثل حداً مطلقاً للكون الفيزيائي في الماضي، فإن هذا سيستتبع عدداً من الأحجيات. وتبقى مشكلة معرفة سبب الانفجار الكبير. ولكن هذه المسألة يجب النظر إليها اليوم برؤية جديدة، لأنه لا يمكن عزو الانفجار الكبير إلى أي شيء حدث قبله، كما هي الحالة عادة في دراسات السببية. فهل يعني هذا أن الانفجار الكبير كان حادثة دون سبب؟ فإذا ما تعطلت قوانين الفيزياء في المفردية، فإنها قد لا تجد تفسيراً بلغة هذه القوانين. ولذلك، إذا ما ألح أحدهم على سبب الانفجار الكبير، فإن هذا السبب لا بد أن يكون فوق متناول الفيزياء.

هل كان الانفجار الكبير من صنع الله؟

يتصور الكثير من الناس أن الإله مهندس مفرقعات، فهو يشعل الصوفان الأزرق لكي يشعل الانفجار الكبير ثم يجلس مستريحاً يراقب المشهد. ومن سوء الحظ أن تكون هذه الصورة البسيطة غير مفهومة تماماً، رغم أن البعض يلتزمون بها إلى حد بعيد. وكما رأينا، لا يمكن لمبدع خارق أن يكون فعلاً سببياً في الزمن لأن نشوء الزمن هو جزء مما نحاول تفسيره. فإذا لجأنا إلى الله كتفسير للكون الفيزيائي، عندئذٍ، لا يمكن أن يكون التفسير بلغة العلة والمعلول المألوفة.

أنكب مؤخراً على دراسة هذه المشكلة المتكررة المتعلقة بالزمن الفيزيائي البريطاني راسل شتينارد، الذي صور التشابه بين الله ومؤلف كتاب. كتاب منجز يوجد بتماميته، مع أننا، نحن البشر، نقوم بقراءته في تتابع زمني من البداية إلـــى النهاية. "تماماً كمؤلف لا يكتب الفصـــل الأول، ثم يترك الآخرين يكتبون بأنفسهم، كذلك إبداعية الله لا يجب اعتبارها محدودة حصراً، أو حتى موظفة، بشكل خاص، في حادثة الانفجار الكبير. والأصح، أن يُنظَر إليها على اعتبارها تنفذ بالتساوي إلى كل زمان ومكان: يندمج دوره "كخالق ومساند."

وبعيداً تماماً عن مشكلات الزمن، هناك عدة مطبات إضافية تتصل باللجوء إلى الله كتفسير للانفجار الكبير. ولتوضيح تلك المطبات سأسرد فيما يلي محادثة خيالية بين مُوحِّد (أو، على الأصح، ربوبي يدعي أن الله هو الذي خلق الكون، وملحد "لا يرى ضرورة إلى هذه الفرضية).

الملحد: كانت الآلهة، في وقت ما، تســتخدم كتفســير لكافة أنواع الظواهر الطبيعية، كالريح والمطر وحركة النباتات. ومع تقدم العلم، اكتشِف أنه لا ضرورة لعوامل خارقة في تفسير حوادث الطبيعة. فلماذا تلح على اللجوء إلى الله لتفسير الانفجار الكبير؟

المُوَحِّد: علمك لا يمكن أن يفسر كل شيء. فالعالم مليء بالأسرار. فعلى سبيل المثال، يعترف حتى أكثر علماء الأحياء المتفائلين بأن منشأ الحياة يربكهم.

الملحد: أعترف بأن العلم لا يفسر كل شيء، ولكن هذا لا يعني أنه غير قادر على ذلك. والموحدون يغريهم دائماً التشبث بأي عملية لم يتمكن العلم، في وقت ما، مـــن تفســـيرها ويدَّعون بأن الله ما يزال ضرورياً لتفسيرها. ومن ثم، ومع تقدم العلم، ينكمش دور الله. يجب أن تتعلم الدرس بأن "إله الثغرات" هذا فرضية لايُعوَّل عليها. وبمرور الزمن، ستنكمش وتنكمش الثغرات التي يقيم فيها. من ناحيتي، لا أجد مشكلة في تفسير العلم لكل الظواهر الطبيعية، بما في ذلك منشأ الحياة. وأسلِّم

بأن منشأ الكون مشكلة عسيرة جداً، ولكن إذا وصلنا الآن، كما يبدو، إلى مرحلة فيها الانفجار الكبير هـو الثغرة الوحيدة الباقية، فإنه من غير المقنع أن نستشهد بمفهوم كينونة خارقة، اسـتغني عنها في كل مكان آخر، بمثل سعة "الخندق الأخير" هذا.

الموحد: لا أدري لماذا. حتى لو رفضتَ فكرة أن الله يمكن أن يعمل مباشرة في العالم الفيزيائي حال خلقه، فإن مشكلة المنشأ الأساسي للعالم هي في صنف مختلف كلياً عن مشكلة تفسير الظواهر الطبيعية حال وجود ذلك العالم.

الملحد: ولكن، مالم تكن لديك مبررات أخرى للإيمان بوجود الله، عندئذٍ يكون غرضك من مجرد الادعاء بأن "الله خلق الكون" خاصاً تماماً. وهو لا يعتبر تفسيراً أبداً. وهذا الادعاء، في الواقع، لا معنى له، لأنك تكتفي بتعريف الله بوصفه تلك القوة التي تخلق الكون. وفهمي لا يتقدم إلى حد أبعد عن طريق هذه الوسيلة. ويُفسَّر السر الوحيد (منشأ الكون) فقط بلغة (إله) آخر. أنا، كعالم، أحتكم إلى قاعدة أوكهام(1) الفلسفية، التي تأمر برفض فرضية الله على اعتبارها تعقيداً لا ضرورة له. ثم إنني أريد أن أسأل، من خلق الله؟

الموحد: الله ليس بحاجة إلى خالق. إنه كيان ضروري- يجب أن يكون موجوداً. ولا خيار في ذلك.

الملحد: ولكن، يمكن للمرء أن يؤكد أيضاً أن الكون لا يحتاج إلى خالق. وأي منطق يستخدم لتبرير ضرورة وجوده يمكن أيضاً تطبيقه على الكون بصورة مساوية تماماً، ومع زيادة مفيدة في البساطة.

الموحد: لا شك في أن العلماء كثيراً ما يستخدمون، مثلي، المحاكمة العقلية نفسها. لماذا يسقط الجسم؟ لأن الجاذبية تؤثر عليه. ولماذا تؤثر عليه؟ نظراً لوجود مجال لها. ولماذا؟ لأن الزمان المكاني منحنٍ، وهلمجرا.

---

(1) وليم أوكهام: فيلسوف انكليزي (1349؟)، صاحب قاعدة فلسفية تقول بعدم مضاعفة الكينونات دون ضرورة. وعمل على إحياء الفلسفة الإسمانية Nominalism. **المترجم.**

فأنت تستبدل وصفاً بآخر، وصفاً أعمق، والغرض الوحيد منه هو تفسير الشيء الذي بدأت به، أي، سقوط الأجسام. فلماذا تعترض، إذن عندما ألجأ إلى الله على اعتباره تفسيراً للكون أعمق وأكثر إقناعاً.

الملحد: ولكن هذا مختلف! ينبغي للنظرية العلمية أن ترقى إلى أبعد بكثير من الحقائق التي تحاول أن تفسرها. فالنظريات الجيدة توفر صورة مبسطة للطبيعة عن طريق تأسيس صلات بين الظواهر غير المترابطة حتى الآن. فعلى سبيل المثال، أظهرت نظرية نيوتن في الجاذبية علاقة بين حركات المد والجزر وحركة القمر. إضافة إلى ذلك، تقترح النظريات الجيدة القيام باختبارات تعتمد على المشاهدة، كالتنبؤ بوجود ظواهر جديدة. وتوفر أيضاً أوصافاً ميكانيكية مفصلة ودقيقة حول كيفية حدوث العمليات الفيزيائية ذات الأهمية بلغة الأفكار العامة للنظرية. ففي حالة الانجذاب، يتم هذا من خلال مجموعة من المعادلات التي تربط شدة مجال الجاذبية مع طبيعة مصادر الجذب. وتقدم لك هذه النظرية آلية دقيقة حول طريقة عمل الأشياء. وعلى العكس، إن الإله الذي نلجأ إليه فقط لتفسير الانفجار الكبير يفشل تماماً في المعايير الثلاثة. وبعيداً عن تبسيط رؤيتنا للعالم، فإن فكرة وجود خالق تقدم ملمحاً إضافياً للتعقيد، هو بالذات دون تفسير. . ثانياً، ليست هناك طريقة تمكننا من اختبار الفرضية تجريبياً. وهناك مكان واحد فقط يتجلى فيه هذا الإله-أقصد، الانفجار الكبير- ثم ينتهي أمـره. وأخيراً، تفشـل العبارة الساذجة "الله خلق الكون" في إيجاد أي تفسير واقعي ما لم تترافق بآلية مفصلة. فالمرء يريد أن يعرف، مثلاً، ما الصفات التي يجب أن يعزوها إلى هذا الإله، وبصورة دقيقة، كيف خلَق الكون، ولماذا خلقه بالشكل الذي هو عليه، وهلم جرا. وخلاصة القول، ما لم تتمكن من إيجاد دليل على وجود هذا الإله، أو تقدم وصفاً مفصلاً حول كيف صنع الكون بحيث يعتبره حتى الملحدون، من أمثالي، أعمق، وأبسط، وأكثر إقناعاً، فإنني لا أرى مبرراً للإيمان بكيان كهذا.

الموحد: رغم ذلك، موقفك هـذا غيـر مقنع كثيراً، لأنك تعترف بأن سـبب الانفجار الكبير يقع خارج متناول العلم. وأنت مجبر على تقبل منشأ الكون كحقيقة عجماء، دون تفسير ذي مستوى أكثر عمقاً.

الملحد: من ناحيتي، أفضّل أن أسلِّم بوجود الكون كحقيقة عجماء على أن أسلِّم بوجود الإله كحقيقة عجماء. ومع ذلك، يجب أن يكون هناك كون يبرر وجودنا هنا لكي نتجادل حوله.

سأناقش، في الفصول التالية، كثيراً من المسـائل التي طرحها هذا الحوار. وجوهر الجدل الدائر هو حول ما إذا كان يجب على المرء أن يسلِّم ببساطة بالمظهر الانفجاري للكون كحقيقة بسيطة غير معللة- كما في "كذلك قال"- أو أن يبحث عن المزيد من التفسير المقنع. وحتى الآن، يبدو وكأن أي تفسير يجب أن يعتمد على قوة خارقة تتجاوز قوانين الفيزياء، لولا أن عمل التقدم الحديث في فهمنا للكون على تحويل النقاش بكامله، وأعاد طرح هذه الأحجية القديمة في ضوء مختلف كلياً.

خلق دون خلق

منذ التخلي عن نظرية الحالة المستقرة، بدا وكأن العلماء يواجهون خياراً قاسياً فيما يتعلق بمنشأ الكون. وصار بإمكان المرء أن يظن إما أن الكون أزلي القدم، مع كل ما يلازم ذلك من تناقضات فيزيائية، وإما أن يسلِّم بمنشأ فجائي للزمان (والمكان)، يقع تفسيره وراء متناول العلم. وكان أن أُغفِل احتمال ثالث، هو: يمكن أن يكون ذلك الزمن محدوداً في الماضي، ومع ذلك، لم ينشأ فجأة عند مفردية.

قبل الدخول في التفاصيل، أود أن أقول إن جوهر مشكلة المنشأ هو، كما يبدو، أن الانفجار الكبير كان حادثة ليس لها سبب فيزيائي. ويُنظَر إلى مثل هـذه الفرضية باعتبارها مخالفة لقوانين الفيزياء، لولا أن هناك منفذ

ضيق جداً. وهذا المنفذ هو الميكانيكا الكمومية. وكما أوضحنا في الفصل الأول، فإن استخدام الميكانيكا الكمومية يقتصر، على الذرات، والجزيئات، والجسيمات دون الذرية. وتُهمَل عادة التأثيرات الكمومية للأجسام العيانية. ولنتذكر أن الفيزياء الكمومية تقع في صميم مبدأ الريبة عند هايسنبرغ، الذي يذكر أن الكميات التي يمكن قياسها (الوضع، وكمية التحرك، والطاقة) تخضع لتقلبات في قيمها لا يمكن التنبؤ بها. وعدم القدرة على التنبؤ يدل على أن العالم المجهري لا حتمي: الإله يلعب النرد بالكون، هذا اذا استخدمنا اللغة المنمقة عند آينشتاين. إذن، إن الحوادث الكمومية ليست محكومة ، على نحو قاطع، بأسباب سابقة. ومع أن احتمال حادثة معلومة (كالتفكك الإشعاعي لنواة ذرية) مثبت في النظرية، فإن الحصيلة الحقيقية لعملية كمومية خاصة تكون غير معروفة، ومن حيث المبدأ، لا يمكن معرفتها.

والميكانيكا الكمومية، بإضعافها الصلة بين العلة والمعلول، توفر لنا طريقة بارعة للتغلب على مشكلة منشأ الكون. فإذا كان يمكن اكتشاف طريقة تتيح للكون أن ينشأ من العدم نتيجة للتقلب الكمومي، عندئذٍ، لا يمكن أن تكون قوانين الفيزياء قد انتهت. وبمعنى آخر، إذا نظرنا بمنظار أحد علماء الفيزياء الكمومية، فإن المظهر التلقائي للكون لن يكون مفاجئاً جداً، لأن الأجسام الفيزيائية تظهر تلقائياً طوال الوقت-دون أسباب محددة بصورة جيدة- في العالم الكمومي المجهري. والعالم بالفيزياء الكمومية لا يحتاج إلى أن يلجأ إلى فعل خارق كان ســـبباً في نشـــأة الكون أكثر من حاجته له في تفسير سبب التفكك الإشعاعي للذرات عند حدوثه.

لا شك في أن هذا كله يعتمد على صحة الميكانيكا الكمومية عند تطبيقها على الكون ككل. ولكن هذا غير واضح. وبصرف النظر تماماً عن التقدير الاستقرائي المذهل المعني باستخدام نظرية الجسيمات دون الذرية على كامل الكون، فإن هناك مسائل المبدأ العميقة التي تتعلق بالمعنى الذي يجب ربطه

ببعض المواضيع الرياضية في النظرية. ولكن عدداً من الفيزيائيين المرموقين احتج بأنه يمكن جعل النظرية تعمل على نحو مقنع في هذه الحالة، وهكذا وُلِد موضوع "علم الكون الكمومي."

وكان مبرر وجود علم الكون الكمومي هو أنه إذا أخذنا الانفجار الكبير على محمل الجد، عندئذٍ لا بد من وجود زمن كان فيه الكون منضغطاً إلى أبعاد دقيقة جداً. وفي ظل ظروف كهذه، لا بد وأن كانت العمليات الكمومية مهمة. فالتقلبات التي جاء على وصفها مبدأ الريبة عند هايسنبرغ، بشكل خاص، لا بد وأن تكون مارســت تأثيراً عميقاً على تركيب وتطور الكون الناشيء. ويمكننا، بعملية حسابية بسيطة، أن نعرف تاريخ تلك الحقبة. فالتأثيرات الكمومية كانت مهمة عندما كانت كثافة المادة 10^{94}غ.سم$^{-3}$. وُجدَت هذه الحالة في غضون 10^{-43} ثانية، عندما كان امتداد الكون 10^{-33} سم لا غير. ويشار إلى هذه الأرقام بوصفها كثافة، وزمن، ومسافة بلانك على التوالي، وبلانك هذا هو الذي وضع النظرية الكمومية.

إن قدرة التقلبات الكمومية على "تحريك" العالم الفيزيائي على مقياس فائق الدقة يؤدي إلى نبوءة آسرة تتعلق بطبيعة الزمان المكاني. ويمكن لعلماء الطبيعة أن يلاحظوا تقلبات كمومية في المختبر نزولاً إلى مسافات 10^{-16} سم تقريباً وصعوداً إلى أزمنة تصل إلى 10^{-26} ثانية. تؤثر هذه التقلبات على أشياء مثل أوضاع الجسيمات وكمية تحركها، وتحدث في أرضية زمانية-مكانية ثابتة ظاهرياً. ولكن هذه التقلبات، على مقياس بلانك الأكثر صغراً، تؤثر أيضاً على الزمان المكاني بالذات.

ولكي ندرك كيف يحدث ذلك، من الضروري أولاً، أن نعرف الصلة الوثيقة بين المكان والزمان. فنظرية النسبية تتطلب منا أن نضع في اعتبارنا مكاناً ثلاثي الأبعاد وزماناً أحادي البعد كأجزاء من زمان مكاني موحد رباعي الأبعاد. وعلى الرغم من التوحيد، يبقى المكان مميزاً فيزيائياً عن الزمان. ونحن لا نجد

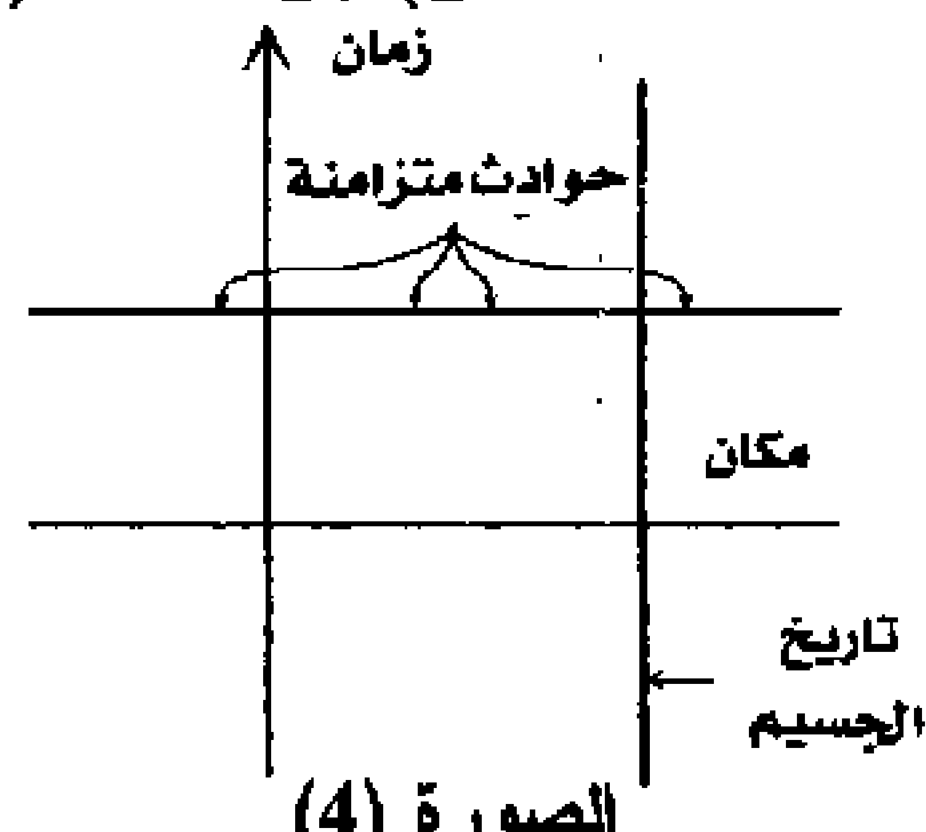
صعوبة في التمييز بينهما في الحياة اليومية. ولكن هذا التمييز قد يتشوش بالتقلبات الكمومية. ويمكن أن تتشوش الهويتان المستقلتان للمكان والزمان على مقياس بلانك. أما كيف يحدث التشوش فيعتمد، بدقة، على تفاصيل النظرية، التي يمكن استخدامها لحساب الاحتمالات النسبية لمختلف البنى الزمانية- المكانية.

قد يحدث، نتيجة لهذه التأثيرات الكمومية، أن تكون البنية الأكثر احتمالاً للزمان المكاني، في الواقع وفي ظل بعض الظروف، مكاناً رباعي الأبعاد. وقد جادل جيمس هارتله وستيفن هوكنغ بأن هذه الظروف، وعلى وجه الدقة، كانت سائدة في الكون المبكر جداً. أي، إذا تخيلنا أننا نعود رجوعاً في الزمن باتجاه الانفجار الكبير، وعندما نصل، بعد ذلك، إلى ما يقرب من زمن واحد لبلانك بعد ما اعتبرنا أنه كان المفردية الابتدائية، يبدأ شيء غريب بالحدوث. يبدأ الزمان بـــ "التحول" إلى مكان. وإذن، قبل التعامل مع منشأ الزمان المكاني، علينا أن نجادل في المكان الرباعي الأبعاد، والمسألة الناتجة فيما يتعلق بشكل ذلك المكان- أي، هندسته. وتتيح النظرية، في واقع الأمر، ضرباً لا حد له من الأشكال. وأي منها يتصل بالكون الحقيقي يرتبط بمشكلة اختيار الشـــروط الصحيحة، وهو الموضوع الذي سندرسه بمزيد من التفصيل بعد قليل. وكان اختيار هارتله وهوكنغ مميزاً، وزعما أنه طبيعي على أرضية الأناقة الرياضية.

يمكن عرض فكرتهما على شكل صورة مفيدة. ولكننا نحذِّر القارىء من أن يأخذ الصورة بحرفيتها تماماً. ونقطة البدء تكون بتمثيل الزمان المكاني بمخطط بياني يُرسَـــم فيه الزمـــن عمودياً والمكان أفقياً (انظر الصورة 4). المستقبل فيه باتجاه الأعلى، والماضي نحو الأسفل. وبما أنه لا يمكن تمثيل أربعة أبعاد، بشكل مناسب، على صفحة كتاب، لذلك حذفت كافة الأبعاد باستثناء بعد المكان، الذي هو، على الرغم من ذلك، مناسب لتشكيل نقاط جوهرية. تمثل الشريحة الأفقية، عبر المخطط البياني، كل المكان في لحظة واحدة من الزمن،

أن نتصور هذا المخطط مرسوما على صحيفة من الورق يمكن إنجاز بعض العمليات عليها. (يمكن أن يكون رسم هذا المخطط تعليمياً فعلاً).

إذا كان المكان والزمان لا متناهيين، فإننا سوف نحتاج، ولنقل ذلك بدقة، إلى صحيفة لا متناهيـة من الورق لمخططنـا لتمثيل الزمان المكاني على نحو مناسب. ولكن، إذا كان الوقت محدوداً في الماضي، عندئذ، يجب أن يكون للمخطط حدٌّ في مكان ما على امتداد القاعدة: يمكن لأحدنا أنّ يتصور قطع حد أفقي في مكان ما. ويمكن أن يكون له حدٌّ مستقبلي أيضاً، مما يتطلب حداً مماثلاً على امتداد القمة. (عبرت عن ذلك بخطوط أفقية متذبذبة في الشكل 5). وفي هذه الحالة، سيكون لدينا شريط لا نهائي يمثل كامل المكان اللانهائي في لحظات متعاقبة من بداية الكون (عند الحافة السفلى) إلى النهاية (عند الحافة العليا).



الصورة (4)

مخطط زماني- مكاني. يُرسَم الزمن عمودياً والمكان أفقياً. ويَظهَر بُعْدٌ واحد فقط للزمان. يمثل المقطع العرضي في المخطط كل المكان في لحظة واحدة من الزمن. ويمثل الخط العمودي نقطة ثابتة في المكان (موضع جسيم ساكن، مثلاً) خلال كامل الزمن.

حد الزمن في المستقبل

زمان

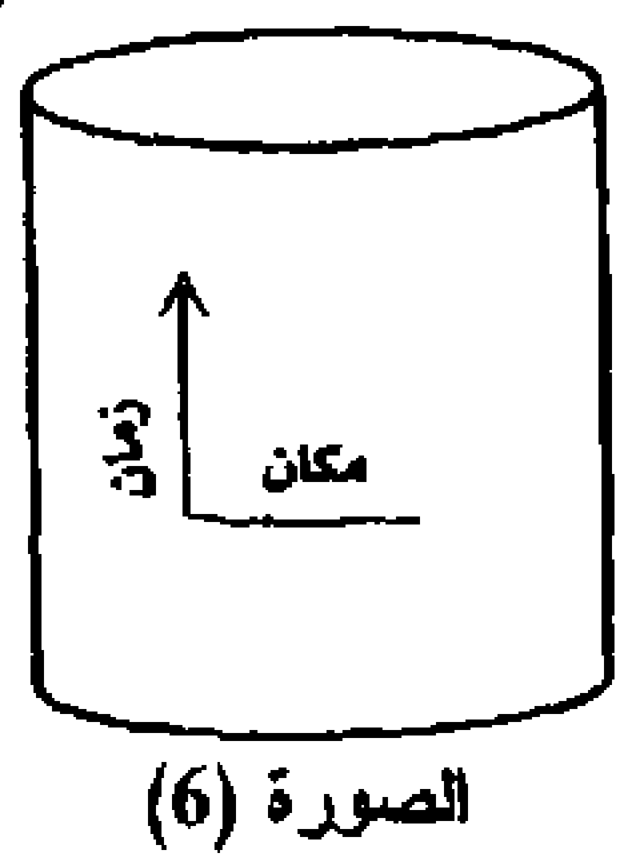
حد الزمن في الماضي

الصورة (5)

قد يكون الزمن محدوداً بمفرديات في الماضي و/أو المستقبل. ويُمثّل هذا على مخطط زماني- مكاني بقطع المخطط في الأسفل والأعلى، على التوالي. تشير الخطوط المتذبذبة إلى المفرديات.

يمكن لأحدنا، في هذه المرحلة، أن يعلل احتمال أن يكون المكان، على الرغم من ذلك، لا متناهياً. وآينشتاين هو أول من أشار إلى أن المكان قد يكون متناهياً رغم أنه غير محدود، وتبقى الفكرة فرضية كوزمولوجية جدية ويمكن اختبارها. وفي صورتنا، يمكن تكييف هذه الإمكانية بسهولة عن طريق دَرْج الصحيفة الورقية بحيث تشكل اسطوانة (الشكل 6). هنا، يُمَثَّل المكان في كل لحظة بدائرة ذات محيط محدود. (النظير الثنائي البعد هو سطح كرة؛ وهو في الأبعاد الثلاثة كرة فوقية Hypersphere يصعب تصورها، ولكنها واضحة ومفهومة في الرياضيات).

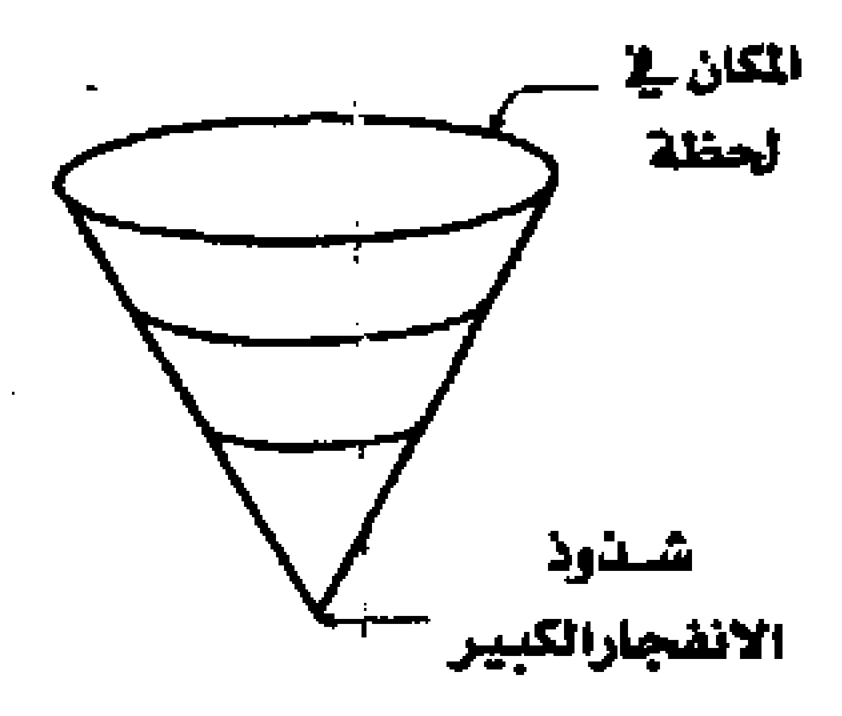
وهناك تحسين إضافي هو إدخال توسع الكون، الذي يمكن تمثيله بجعل حجم الكون يتغير مع الزمن. وبما أننا نهتم هنا بنشأة الكون، فإنني سأتجاهل الحد الأعلى للمخطط، وأُظهِر فقط ذلك الجزء قرب القاعدة. فتصبح الاسطوانة الآن مخروطية الشكل؛ وتُرسَم بعض الدوائر لتمثيل توسع حجم المكان (الصورة 7). وتُصوَّر هنا فرضية نشوء الكون في مفردية انضغاط لا متناه بجعل المخروط يستدق إلى مفردية عند القاعدة. ويمثل الرأس المفرد للمخروط الظهور الفجائي للمكان والزمان معاً في الانفجار الكبير.



الصورة (6)

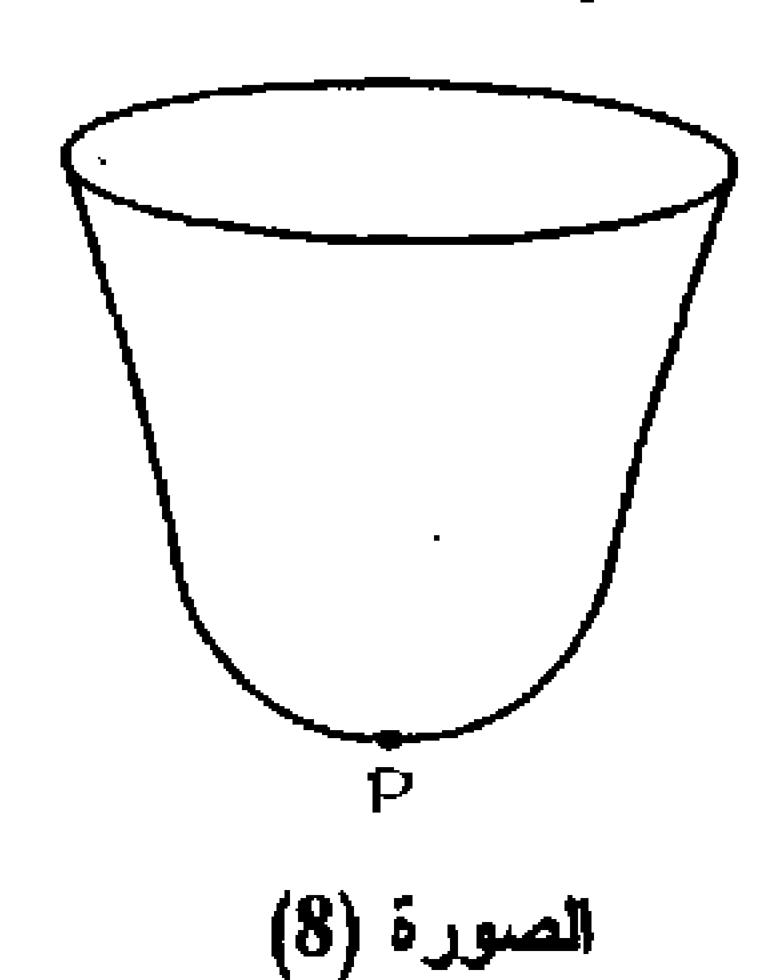
قد يكون المكان متناهياً ولكن دون حد. ويُمثَّل هذا بدَرْج مخطط المكان الزماني إلى اسطوانة. فيتخذ المقطع الأفقي الذي يمثل المكان في لحظة واحدة شكل دائرة.

إن الادعاء الأســاسي الذي يقوم عليه علم الكون الكمومي هــو أن مبدأ الريبة لدى هايسنبرغ يمحو حدة الذروة، ويستبدلها بشيء ما أكثر نعومة. أما ما هو ذلك الشيء بالضبط فيعتمد على النموذج النظري، ولكن في نموذج هارتلــه و هوكنغ يجب اختتام الذروة بالطريقة التي تظهر في الصورة 8، حيث تُستبدَل النقطة بنصف كرة. ونصف القطر في نصف الكرة هذا هو طول بلانك (10^{-33}سم)، وهو صغير جداً بمقاييس الإنسان، ولكنه كبير إلى حد لا متناه مقارنة بمفردية النقطة. وفوق نصف الكرة ينفتح المخروط بالطريقة العادية، التي تمثل التطور القياسي اللاكمومي لتوسع العالم. هنا–في الجزء الأعلى، فوق الموصل إلى نصف الكرة–يسير الزمن على المخروط عمودياً، كالعادة، ويكون متميزاً تماماً، من الناحية الفيزيائية، عن المكان الذي يسير أفقياً حول المخروط. ولكن الحالة تحت الموصل تكون مختلفة إلى حد مثير. هنا يبدأ البعد الزماني بالتقوس إلى الاتجاه المكاني (أي، الأفقي). وقرب قاعدة نصف الكرة يكون للشيء الواحد وجه مقوس أفقي تقريباً ثنائي البعد. ويمثل هذا مكاناً ثنائي البعد أكثر منه بعداً مكانياً واحداً وزمانياً واحداً. ولنلاحظ أن الانتقال من الزمان إلى المكان يكون تدريجياً؛ ولا يجب أن نظن أنه يحدث بصورة مفاجئة عند الموصل. ولنوضح ذلك بطريقة أخرى، يمكن لأحدنا أن يقول إن الزمن ينشأ تدريجياً من المكان عندما يتقوس نصف الكرة تدريجياً إلى المخروط. ولنلاحظ أيضاً أن الزمن، في هذا المخطط، ما يزال محدوداً من الأسفل– فهو لا يمتد رجوعاً إلى الماضي اللا متناهي– مع ذلك، ليس للزمن "لحظة أولى" حقيقية، أي ليست هناك بداية مفاجئة عند منشأ مفرد. لقد أُلغِيت، في الواقع، مفردية الانفجار الكبير.



الصورة (7)

توسع الكون. يمكن تمثيل تأثير التوسع الكوني على مخططنا الحيِّزي الزمني عن طريق تحويل الاسطوانة في الصورة 6 إلى مخروط. يتوافق رأس المخروط مع مفردية الانفجار الكبير. المقاطع الأفقية عبر المخروط هي الآن دوائر ذات أقطار تتسع على التوالي، بما يشير إلى تزايد اتساع الكون.



الصورة (8)

خلق دون خلق. في هذه الرواية لمنشأ الكون يُختتَم رأس المخروط في الشكل7. لا توجد هنا بداية مفاجئة: يتلاشى الزمان تدريجياً نحو قاعدة المخطط. وتبدو النقطة P كاللحظة الأولى، ولكن هذا مجرد نتاج صنعي للطريقة التي رسم فيها المخطط. فليس هناك بداية محددة تماما، مع أن الزمن مازال متناهيا في الماضي.

قـد يغرينا الاعتقاد بأن قاعدة نصف الكـرة – القطب الجنوبي– هي "أصل" الكون، ولكن هذا خطأ كما يؤكد هوكنغ. فجزء ما من سطح كروي يتميز بحقيقة أن كافة النقاط عليه متكافئة هندسياً. أي أنه ما من نقطة تُميَّز، بأية وسيلة، على أنها نقطة مستقلة. تبدو لنا قاعدة نصف الكرة غريبة بسبب الطريقة التي اخترناها لعرض الصحيفة المقوسة. فإذا قلبنا المخروط قليلاً، فإن نقطة ما أخرى تصبح "قاعدة" البناء. ويشير هوكنغ إلى أن الحالة مشابهة إلى حد ما

للطريقة التي نمثل فيها السطح الكروي للأرض هندسياً. تتجمع خطوط العرض على القطبين، الشمالي والجنوبي، ولكن سطح الأرض في هذه الأمكنة هو نفسه في أي مكان آخر. وبالمثل، يمكننا أيضاً أن نختار مكة أو هونغ كونغ كمركز لهذه الدوائر (محور دوران الأرض هو الذي أملى الاختيار الحقيقي، وهي ميزة لا تتصل بدراستنا الحالية). فليس هناك ما يشير إلى أن سطح الأرض يتوقف فجأة عند القطبين. ولكن هناك ما يؤكد أن هناك مفردية في النظام الإحداثي للعرض والطول، ولكن ليست مفردية فيزيائية في الهندسة.

ولإلقاء مزيد من الضوء على هذه النقطة، تعالوا نتصور أننا نحدث ثقباً صغيراً عند "القطب الجنوبي" لنصف الكرة في الصورة 8، ثم نقوم بفتح الصحيفة حول الفتحة (على فرض أنها مرنة) بحيث تتشكل معنا اسطوانة، ومن ثم نفضّ الاسطوانة وننشرها بحيث تشكل صحيفة مسطحة. سنكتشـــف، في النهاية، أننا حصلنا على صورة تشـــبه تماماً الصورة 5. والنقطة هي أن ما كنا نعتبره سابقاً منشأ مفردياً للزمن (الحافة السفلى) هو فعلاً مجرد مفردية إحداثية عند القطب الجنوبي، تمططت إلى ما لا نهاية. وهذا ما يحدث تماماً مع خرائط الكرة الأرضية في الإسقاط المركاتوري. فالقطب الجنوبي، الذي هو، في الواقع، مجرد نقطة عادية تماماً على سطح الأرض، يُمَثَّل بخط حدودي أفقي، وكأن لسطح الأرض حافة هناك. ولكن الحافة مجرد نتاج صنعي للطريقة التي اخترناها لتمثيل الهندسة الكروية بنظام إحداثي خاص. ونحن أحرار في أن نعيد رسم خريطة الكرة الأرضية باستخدام نظام إحداثي مختلف، وذلك باختيار نقطة أخرى كمركز لدوائر العرض، وهي حالة سيظهر فيها القطب الجنوبي على الخريطة كما هو فعلاً- نقطة عادية تماماً.

ومحصلة هذا كله هي أنه، وفقاً لهارتله وهوكنغ، ليس هناك منشأ للكون. ومع ذلك، لا يعني أن الكون قديم إلى ما لا نهاية. فالزمن محدود في الماضي، ولكن ليس له حد بذاته. وهكذا تكون قرون من الكرب الفلسفي

حول تناقضات لا محدودية الزمن إزاء محدوديته قد وجدت حلاً لها تقريباً. وببراعة، ينجح هارتله وهوكنغ باجتياز تلك المعضلة الخاصة. وكما يوضح هوكنغ: "الحالة الحدودية للكون هي أنه لاحد له."

ينطوي الكون عند هارتله- هوكنغ، فيما يخص علم اللاهوت، على مضامين عميقة، كما يقول هوكنغ نفسه: "ما دام للكون بداية، يمكننا أن نفترض أن له خالقاً. ولكن إذا كان الكون تاماً في ذاته، دون حد ولا حافة، عندئذ لا تكون له بداية ولا نهاية: يجب أن يكون موجوداً، حسب. فما مكان الخالق إذاً؟" وبناء على ذلك، يحتج البعض بأنه طالما ليس للكون منشأ مفردي في الزمن، فإنه لا حاجة بنا إلى أن نلجأ إلى عمل خارق يقوم به مبدع عند البدء. وقد قام عالم الفيزياء البريطاني كريس إيشام، وهو نفسه خبير بعلم الكون الكمومي، بدراسة المضامين اللاهوتية لنظرية هارتله- هوكنغ، وكتب: "إذا تحدثنا سيكولوجياً، فإنه لا شك في أن وجود هذه النقطة البدئية المفردية يميل إلى تكوين فكرة خالق وضع كامل المشهد في حالة دوران." ولكن هذه الأفكار الكونية الجديدة، كما يظن، تلغي الحاجة إلى استحضار إله الثغرات كعلة لحدوث الانفجار الكبير: "يبدو أن النظريات الحديثة تسد هذه الثغرة بأناقة تقريباً."

مع أن اقتراح هوكنغ يخص كوناً دون منشأ محدود في الزمان، فإنه يصح القول أيضاً في هذه النظرية إن الكون لم يكن موجوداً دائماً. وبناء على ذلك، هل يصح القول إن الكون "أوجد نفسه"؟ ولتوضيح هذه المسألة أريد أن أقول إن كون الزمان المكاني والمادة منسجم داخلياً وتام بذاته. وجوده لا يحتاج إلى شيء خارجه؛ وخصوصاً، إلى محرك أولي. وإذاً، هل يعني هذا أن وجود الكون يمكن "تفسيره" علمياً دون الحاجة إلى إله؟ وهل يمكن أن ننظر إلى الكون على اعتباره صياغة لنظام مغلق، يتضمن مبرر وجوده تماماً في ذاته؟ يعتمد الجواب على المعنى الذي يجب

ربطه بكلمة "تفسير." وعلى ضوء قوانين الفيزياء، يمكن للكون، إذا جاز التعبير، أن يعتني بنفسه، بما في ذلك خلق نفسه. ولكن، من أين جاءت هذه القوانين؟ وهل يتوجب علينا أيضاً أن نجد تفسيراً لها؟ هذا ما سوف أقوم بدراسته في الفصل التالي.

هل يمكن أن تنسجم هذه التطورات العلمية الحديثة مع العقيدة المسيحية حول الخلق من عدم؟ وكما أكدت مراراً، فإنه لا يمكن اعتبار فكرة أن الله خلق العالم من لا شيء كفعل زمني، لأنها تتضمن خلق الزمن. وفي وجهة النظر المسيحية الحديثة، يعني خلق الكون من عدم رعايته في الوجود دائماً. وفي علم الكون العلمي الحديث، يجب على المرء أن يكف عن اعتبار الزمان المكاني قد "جاء إلى الوجود" بأية طريقة. والأصح أن يقول إن الزمان المكاني (أو الكون) موجود وحسب. ويقول الفيلسوف وِمّ دريز: "هذا المخطط ليس له مُبْدِئ ذو حالة خاصة". وعليه، فإن كل اللحظات لها علاقات متماثلة بالخالق. سواء كانت كلها 'موجودة دائماً' كحقيقة عاتية، أو أن تكون خُلِقَت " كلها بالتساوي." وإنها لسمة جيدة لهذا العلم الكمومي للكون، أي سمة أن ذلك الجزء من محتوى الخلق من عدم الذي افتُرِض أنه أكثر انفصالاً عن العلم، أقصد "الرعاية،" يمكن اعتباره كجزء طبيعي أكثر في سياق النظرية. ولكن صورة الإله الذي تستحضره هذه النظرية أُزيلَت عن إله القرن العشرين المسيحي إلى حد بعيد تقريباً. ولاحظ دريز شبهاً وثيقاً بالصورة الوحدوية الوجود لإله اختاره فيلسوف القرن السابع عشر، سبينوزا، حيث يتخذ الكون الفيزيائي نفسه مظاهر وجود الإله، ككيان "أزلي" و "ضروري."

لا شك في أنه يمكن أيضاً للمرء أن يسأل: ما سبب وجود الكون؟ وهل ينبغي اعتبار الوجود (الأزلي) للزمان المكاني كشكل (لا زمني) لـــ "الخلق"؟ في هذا المعنى، لا يشير الخلق "من لا شيء" إلى انتقال زمني من لا شيء إلى شيء، ولكن يعمل فقط كمذكر بأنه ربما لم يكن هناك شيء أكثر من شيء. ويتفق معظم العلماء (وربما ليس كلهم) على أن وجود مخطط رياضي لكون ما

لا يشبه تماماً الوجود الواقعي لذلك الكون. وما زال هذا المخطط يحتاج إلى إنجاز. وهكذا، يبقى هناك ما يسميه دريز "الشرطية الوجودية." وتنسجم نظرية هارتله- هوكنغ مع هذا المعنى الأكثر غموضاً لـــ "الخلق" وبصورة جيدة تقريباً، لأنها نظرية كمومية. وجوهر الفيزياء الكمومية، كما قلت، هو الريبة: التنبؤ في نظرية كمومية هو التنبؤ بالاحتمالات أكثر من اليقينيات. وتؤمِّن الشكلية الرياضية عند هارتله-هوكنغ **الاحتمالات** في أن كوناً خاصاً، بترتيب خاص للمادة، يوجد في كل لحظة. وفي التنبؤ بأن هناك احتمال اللاصفر بالنسبة لكونٍ خاص، يقول المرء إن هناك فرصة محدودة بأنه سيتحقق. وبالتالي، يُعطى الخلقُ من عدم هنا تفسيراً ثابتاً لـــ "تحقق الاحتمالات."

كَونْا الأم والطفل

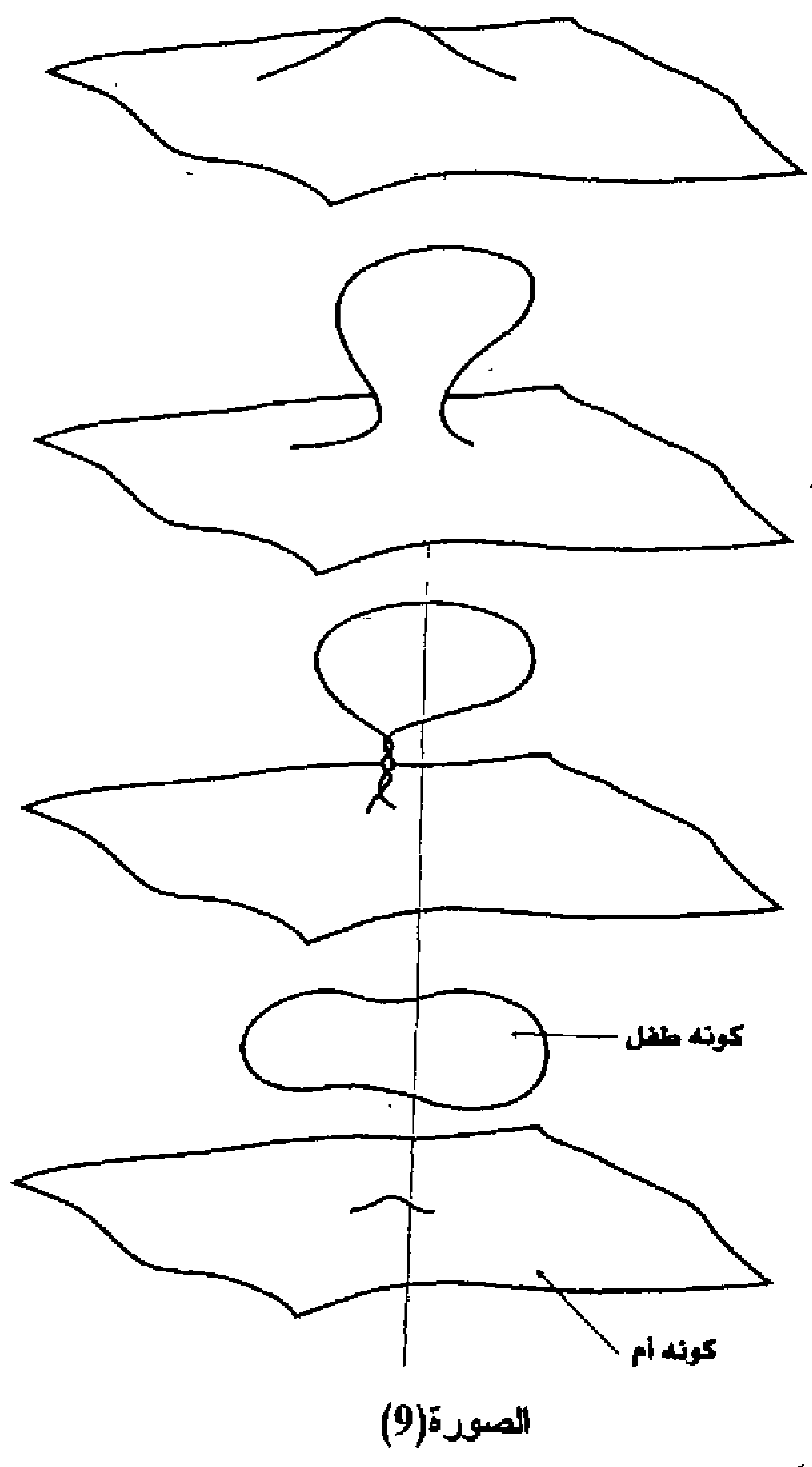
قبل أن نغادر مشكلة أصل الكون، يجب أن نقول شيئاً ما عن النظرية الكونية الحديثة التي تدخل فيها مسألة الأصل بطريقة مختلفة جذرياً. وقد روجت في كتابي، **الله والفيزياء الحديثة**، لفكرة أن ما نطلق عليه اسم كون قد يكون بدأ على شكل نامية من نظام أكبر، ثم حرر نفسه ليصبح كياناً مستقلاً. وتوضح الصورة 9 تلك الفكرة. في هذا الشكل، يُمَثِّل المكان كملاءة ذات بعدين. ووفقاً لنظرية النسبية العامة، يمكن أن نتصور هذه الملاءة منحنية. ويمكن للمرء، خصوصاً، أن يتخيل نتوءاً موضعياً يتشكل على الملاءة، ويرتفع إلى حدبة ترتبط بالملاءة الرئيسة عن طريق عنق رفيع. وقد يحدث، بعدئذٍ، أن يصبح ذلك العنق أضيق تدريجياً، إلى أن يتلاشى تماماً. وعندئذ، تتحول الحدبة إلى "فقاعة" منفصلة كلياً. وهكذا تكون الملاءة الأم قد أوجدت طفلاً.

وما يدعو إلى الدهشـــة هو أن هناك سبباً وجيهاً يدفعنا إلى توقع أن يكون هناك شيء ما كهذا متواصلاً في الكون الواقعي. فالتقلبات العشوائية التي ترافق الفيزياء الكمومية تدل ضمناً، بواسطة مقياس مجهري بالغ الدقة، على أن كل نوع من النتوءات، والثقوب الدودية، والجسور يجب أن تتشكل وتنهار خلال الزمان

المكاني. وقد رأى عالم الفيزياء السوفييتي، أندرييه ليند، أن كوننا بدأ بهذه الطريقة، أيٍ على شكل فقاعة صغيرة من زمان مكاني ، ثم "انتفخت" بسرعة خيالية لكي تحدِث انفجاراً كبيراً. وقام علماء آخرون بتطوير نماذج مماثلة. فالكون "الأم" الذي أنتج كوننا ينتفخ أيضاً باستمرار بسرعة خيالية، وينتج أكواناً أطفالاً بكل طاقته. فإذا كانت **هذه الحالة** صحيحة، فإنها تشير ضمناً إلى أن كونــ"ـــنا" ليس أكثر من جزء من مجموعة لا نهائية من الأكوان، مع أنه مستقل حالياً. وليس لهذه المجموعة "بداية" و "نهاية،" لأنه ليس هناك زمن فوقكوني حدثت فيه عملية الإنتاج، مع أن لكل فقاعة زمنها الداخلي الخاص بها.

هناك سؤال آخر مهم حول ما إذا كان يمكن أيضاً لكوننا أن يكون أماً، وينتج أكواناً أطفالاً. فهل يمكن لعالِم ما مجنون أن يخلق كونه الخاص جداً في المختبر؟ بحث هذا السؤال ألان غوث، مبتكر نظرية التضخم. تنتهي النظريـــة إلى أنه إذا تركزت كمية كبيرة مـــن الطاقة، يمكن أن يتشكل، فعلاً، نتوء زِماني مكاني. يبدو أن هذا يثير، لأول وهلة، إمكانية الإنذار بأن انفجاراً كبيراً جديداً قد يُقدَح، ولكن ما يحدث، في الواقع، هو أن تشكل النتوء يبدو من منطقتنا الزمانية-المكانية تماماً كتشكل ثقب أسود. ومع أنه قد يكون هناك انتفاخ انفجاري داخل حيِّز النتوء، فإننا نرى فقط ثقباً أسود يتضيق باضطراد. وفي النهاية، يتلاشى الثقب تماماً، وعندها ينفصل عالمنا عن طفله.

على الرغم مـــن جاذبية هـــذه النظرية، فإنها تبقى نظرية إلـــى حد بعيد. وسأعود إلى معالجتها بإيجاز في الفصل الثامن. إن نظرية الأم والطفل ونظرية هارتله-هوكنغ تحيطان ببراعة بالمشـــكلات المرافقة لمنشـــأ الكون عـــن طريق الالتجاء إلى العمليات الكمومية. والدرس الذي يجب أن نتعلمه هو أن الفيزياء الكمومية تفتح الباب لأكوان ذات عمر متناه، وجودها لا يتطلب سبباً سابقاً محدداً بصورة جيدة. ولا يحتاج في الخلق لعمل خاص.



الصورة(9)

إنتاج كون طفل. مثّلنا الكون الأم بملاءة ذات بعدين. الانحناء في الملاءة ينشأ من تأثيرات الجاذبية. فإذا كانت الجاذبية شديدة بما يكفي، يمكن للانحناء أن يُحدِث نتوءاً يشكل كوناً صغيراً مرتبطاً عن طريق حبل سرّي أو حلق يُعرف باسم "ثقب دودي." ويمكن أن يظهر الحلق كثقب أسود من الكون الأم. وفي النهاية، يتلاشى الثقب، ممزقاً الحبل ومرسلاً الكون الطفل إلى وجود مستقل.

إن كل الأفكار الفيزيائية التي أتينا على دراستها في هذا الفصل تقوم على أساس افتراض أن الكون ككل يستجيب لبعض قوانين الفيزياء الواضحة المعالم. وهذه القوانين التي تعزز حقيقة فيزيائية، وتُنسَج إلى قماش العلوم الرياضية، تقوم هي نفسـها على أسـاس وطيد من المنطق . فالسـبيل من الظواهر الفيزيائية، مروراً بقوانين الفيزياء، وانتهاء بالعلوم الرياضية وأخيراً بالمنطق، يعرض إمكانية خادعة بأنه يمكن فهم العالم من خلال تطبيق الاستنتاج المنطقي وحده. فهل يمكن أن يكون قدراً كبيراً من العالم الفيزيائي، إن لم يكن كله، نتيجة لضرورة منطقية؟ في الحقيقة، يدعي بعض العلماء أن هذا صحيح، وأن هناك فقط مجموعة واحدة من القوانين متماسكة منطقياً وكوناً واحداً فقط منسجم منطقياً. ولا يسعنا أمام هذا الادعاء الجارف إلا أن نبحث في طبيعة قوانين الفيزياء.





الفصل الثالث

ماقوانين الطبيعة؟

بيَّنت في الفصل الثاني أنه يمكن للكون، بالقوانين الفيزيائية المعلومة، أن يخلق نفسه. أو، على نحو أكثر دقة، ذكرت أنه لم تعد هناك ضرورة تدعونا إلى اعتبار وجود كون دون علة أولى خارجية متناقضاً مع قوانين الفيزياء. يقوم هذا الاستنتاج، خصوصاً، على أساس قابلية تطبيق الفيزياء الكمومية على علم الكون. ووجود الكون، في حال وجود القوانين، ليس معجزاً بحد ذاته. وهذا يجعل قوانين الفيزياء تبدو وكأنها تعمل كـ"أساس لوجود" الكون. ولا شك في أن معظم العلماء مهتمون بإمكانية تعقب أثر القاعدة الراسخة للواقع رجوعاً إلى هذه القوانين. فهي الحقائق الأزلية التي قام عليها الكون.

إن مفهوم القانون راسخ جداً في العلم إلى درجة لا يتوقف عندها سوى القلة من العلماء للتفكير حول طبيعة وأصل هذه القوانين؛ وكانوا سعداء بتقبلها ببساطة "كما هي." أما وقد حقق علماء الفيزياء وعلماء الكون، في الوقت الحاضر، تقدماً سريعاً باتجاه اكتشاف ما يعتبرونه قوانين "أساسية" للكون، فقد طفا على السطح الكثير من الأسئلة القديمة. لماذا اتخذت القوانين هذه الصيغة؟ أما كان يمكن أن تتخذ صيغة أخرى؟ ومن أين جاءت؟ وهل وجودها مستقل عن الكون الفيزيائي؟

منشأ القانون

لم يبتكر مفهوم قانون الطبيعة أي فيلسوف أو عالم مميز. ومع أن الفكرة تبلورت فقط في العصر العلمي الحديث، فإن أصولها تعود إلى فجر التاريخ، وترتبط بالدين على نحو صميمي. ولا بد أنه كان لدى أسلافنا الغابرين مفهوم بدائي للعلة والمعلول. فعلى سبيل المثال، كان الغرض من صنع الأدوات دائماً تسهيل التعامل مع البيئة. فضرب جوزة بحجر يسبب انفتاحها كسراً، والدّقة في قذف حربة يمكن تصويبها بثقة يمكن أن تتخذ شكل مقذوف خاص. ولكن، على الرغم من أن بعض جوانب انتظام السلوك كانت واضحة لهؤلاء الغابرين، فإن أكثرية كبيرة من الظواهر الطبيعية بقيت خافية وعصية على التنبؤ، فابتكروا آلهة لتفسيرها. وهكذا، كان هناك إله المطر، وإله الشمس، وآلهة الأشجار وآلهة الأنهار، وغيرها. فسيطرت على العالم الطبيعي وفرة من كائنات مقتدرة غير منظورة.

هناك دائماً خطر في الحكم على الثقافات الغابرة بلغتنا الخاصة، مع كل ما يتضمنه ذلك الحكم من ادعاء وتحامل. ففي عصر العلم، من الطبيعي جداً أن نبحث عن تعليلات ميكانيكية للأشياء: وتر القوس يدفع السهم، والجاذبية تشد الحجر نحو الأرض. فالمعلول اللاحق تسببه علة مفترضة عادة على شكل قوة. ولكن الثقافات المبكرة عموماً لم تنظر إلى العالم بهذه الطريقة. فكان بعضها يدرك الطبيعة كميدان لصراع القوى. آلهة أو أرواح، لكل منها شخصية مميزة، تتصادم وتتصالح. وكانت ثقافات أخرى، وخصوصاً في الشرق، تعتقد أن العالم الفيزيائي نسيج كلاّني holistic مزخرف من التأثيرات المتبادلة.

كانت النظريات الكونية المبكرة، كلها تقريباً، تربط العالم بكائن حي، وليس بآلة. وأعطيت الأجسام المادية أهدافاً، تماماً كالحيوانات التي يبدو أنها تتصرف غائياً. ويستمر أثر من ذلك التفكير حتى يومنا هذا، عندما يتحدث الناس عن ماء "يسعى" إلى أدنى مستوى له، أو يشيرون إلى طرف إبرة

البوصلة على أنه "يبحث عن الشمال." وتُعرَف فكرة الجهاز الفيزيائي الباحث، سواء تم توجيهه أو سحبه نحو هدف نهائي، بـــ "الغائية." ويميز الفيلسوف الأغريقي أرسطو، الذي تحدثت بإيجاز في الفصل الأول عن صورته الأرواحية للكون، بين أربعة أنواع للعلة: علة مادية، وعلة صورية، وعلة فعالة، وعلة نهائية. ولتوضيح هذه الأنواع، كثيراً ما يضرب البيت كمثال. فما الذي يجعل بيتاً يظهر إلى الوجود؟ أولاً، هناك العلة المادية، التي تُعرَّف هنا بالآجر والمواد الأخرى التي يتم إنشاء البيت منها. وهناك ثانياً العلة الصورية، أي شكل أو هيئة البيت التي يتم تنظيم المادة إليها. وتأتي ثالثاً العلة الفعالة، أي الوسيلة التي بها تصاغ المادة إلى شكلها (في هذه الحالة البنّاء). وأخيراً، هناك العلة النهائية، أي غاية الشيء. وفي حالة البيت، قد تتضمن هذه الغاية تصميماً هندسياً موجوداً من قبل يعمل البنّاء على تنفيذه.

على الرغم من تسلحه بفكرة متقنة إلى حد ما عن السببية، فإن صياغة أرسطو لم تكن ملائمة لما نفهمه اليوم على أنها قوانين الطبيعة. فقد درس حركة الأجسام المادية، ولكن قوانينه المعروفة للحركة كانت، في الواقع، مجرد أوصاف للعلل النهائية للطريقة التي يفترض أن تعمل بها تلك العلل. فعلى سبيل المثال، يسقط حجر لأن "المكان الطبيعي" للأجسام الثقيلة جداً هو الأرض، والغازات الخفيفة ترتفع لأن مكانها الطبيعي في العالم الأثيري فوق السماء، وهكذا.

كان الكثير من هذا التفكير المبكر يقوم على أساس افتراض مفاده أن خواص الأشياء المادية هي صفات ذاتية خاصة بتلك الأشياء. وهكذا، يعكس الاختلاف الكبير في الأشكال والمواد الموجودة في العالم الفيزيائي عدداً غير محدود من الخواص الذاتية. ولكن ديانات التوحيد تقف ضد هذه الطريقة في النظر إلى العالم. فاليهود يدركون الإله كمشرّع. وهذا الإله، على اعتباره مستقلاً ومنفصلاً عن خلقه، فرض القوانين على العالم الفيزيائي من الخارج. وكانوا يفترضون أن الطبيعة تخضع لقوانين بقرار إلهي. ومع ذلك، يمكن

للمرء أن يعيِّن أسباب الظواهر، لولا أن العلاقة بين العلة والمعلول مقيدة اليوم بقوانين. كان جون باراو قد درس الأصول التاريخية لفكرة القوانين الفيزيائية. فقارن هيكل الآلهة الأغريقية بالإله الملكي الواحد عند اليهود: "عندما ننظر إلى المجتمع المعقد نسبياً للآلهة الأغريقة، لا نجد فكرة المشرع الكوني الكلي القدرة واضحة تماماً. فالأحداث يتم الاتفاق عليها عن طريق التفاوض، أو الخداع، أو النقاش أكثر منها عن طريق مرسوم كلي القدرة. والخلق يتقدم عن طريق لجنة أكثر منه بعبارة لِيَكُن!".

وأخيراً، تبنَّت المسيحية والإسلام أيضاً الرأي القائل إن القوانين تُفرَض على الطبيعة، أكثر مما هي متأصلة فيها، إنما ليس دون صراع. ويقص باراو كيف أن القديس توما الأكويني "اعتبر الميول الأرسطوية الفطرية كمظاهر للعالم الطبيعي الذي سخره الإله بعنايته. ولكن شخصيتها الأساسية لم تنتهك في هذا المشروع التكافلي. ووفقاً لهذا الرأي ، تكون علاقة الإله بالطبيعة علاقة شريك أكثر منها علاقة حاكم." ولكن هذه الأفكار الأرسطوية أُدينَت من قبل البابا في باريس عام 1277، لتُستبدل، فيما بعد، بمبدأ يعتمد على فكرة الإله المشرِّع، التي تضمنتها ترنيمة كمثورن عام 1796:

مجّدوا الله! لأنه عندما تكلم

امتثلت العوالم لصوته الجبار

لشرائعه، التي لن تُنتَهك أبداً

لأنه من أجل هدايتها وضعها

من الممتع أن نبحث عن التأثيرات الثقافية والدينية عند العمل في صياغة المفهوم الحديث لقوانين الطبيعة. فأوروبا القرون الوسطى، التي كانت، من جهة، تذعن للعقيدة المسيحية لشريعة الرب المتجلية في الطبيعة، ومن جهة أخرى لمفهوم القانون المدني المفروض بالقوة، وفَّرت وسطاً خصباً لظهور الفكرة العلمية لقوانين الطبيعة. وهكذا نجد أن الفلكيين المبكرين من أمثال تيخو

براهه وجوهانز كيبلر كانوا يعتقدون، في استنتاج قوانين حركة الكواكب، أنهم بدراستهم للعمليات النظامية في الطبيعة، إنما كانوا يكشــفون عن التصميم العقلاني للإله. وقد أضفى على هذا الموقف مزيداً من الوضوح العالم الفيلسوف الفرنسي رينيه ديكارت، وتبناه إسحق نيوتن، الذي أدت قوانينه في الحركة والجاذبية إلى ولادة عصر العلم.

كان نيوتن نفسه يعتقد بقوة بوجود مصمم عمل من خلال قوانين رياضية ثابتة. والكون، عند نيوتن ومعاصريه، آلة ضخمة ورائعة أنشأها الله. ولكن الآراء اختلفت حول طبيعة هذا الرياضي والمهندس الكوني. هل قام فقط بإنشاء الآلة، وأدارها، ثم تركها تهتم بنفسها؟ أم أنه كان يشرف بفعالية يومياً على دورانها؟ كان نيوتن يعتقد أن الكون أفلت من تفكك تجاذبي فقط عن طريق معجزة أزلية. وهذا التدخل الإلهي مثال تقليدي لإله الثغرات. إنها حجة محفوفة بالخطر، وتترك الرهينة للحظ بانتظار تقدم مستقبلي في العلم يعمل على سد الثغرة بالشكل المناسب. والواقع، هو أن الاستقرار التجاذبي في الكون أصبح اليوم مفهوماً تماماً. وحتى في عصر نيوتن، سخر منافسوه الأوروبيون من فرضيته بوجود معجزة أزلية. فقد قال ليبنتز موبخاً:

> **يتبنى السيد نيوتن وأتباعه أيضاً رأياً غريباً جداً حول عمل الإله. فهم يرون أن الله يملأ زنبرك الساعة بين وقت وآخر. ولولا ذلك لتوقفت عن العمل. وهو يفتقر لبصيرة كافية لجعل حركتها أزلية .... وفي رأيي، إن وجود القوة والنشاط نفسيهما مستمر في العالم دائماً.**

كان الإله، عند ديكارت وليبنتز، هو المصدر الأصلي والضامن للعقلانية الكلية التي تعم الكون. وهذه العقلانية هي التي تفتح الباب لفهم الطبيعة عن طريق استخدام العقل الإنساني، الذي هو بالذات هبة من الإله. وفي أوروبا عصر النهضة، كان التبرير لما نطلق عليها اليوم الطريقة العلمية في البحث هو الاعتقاد بإله عقلاني يمكن تمييز نظامه المخلوق من دراسة متأنية للطبيعة.

وانتهى جزء من هذا الإيمان، رغماً عن نيوتن، إلى القول بأن شرائع الإله لا تتغير. فكتب باراو: " كانت الثقافة العلمية التي نشأت في أوروبا الغربية، والتي نحن ورثتها، محكومة بالولاء للثباتية المطلقة لقوانين الطبيعة، التي ضمنت به مغزى المشروع العلمي وضمنت نجاحه."

وبالنسبة لعالِم حديث، يكفي فقط أن يكون للطبيعة ببساطة أنظمة منظورة ما نزال نطلق عليها تسمية قوانين. ولا تطرح عادة مسألة أصل هذه القوانين. مع ذلك، من المهم أن نفكر ملياً حول ما إذا كان للعلم أن يزدهر في أوروبا القرون الوسطى وعصر النهضة لولا علم اللاهوت الغربي. فعلى سبيل المثال، كان للصين، في ذلك الوقت، ثقافة معقدة ومتطورة إلى حد بعيد، ثقافة أنتجت بعض الابتكارات التكنولوجية المتقدمة على التقنيات الأوروبية. ويعزى إلى العالم الياباني، كُووَا سيكي، الذي عاصر نيوتن، الاختراع المستقل للحساب التفاضلي وحساب π، ولكنه اختار أن يحتفظ بسرية هذه الصيغ. وفي دراسته للفكر الصيني المبكر، كتب جوزيف نيدهام: "لم تكن هناك ثقة في أنه يمكن، في أي وقت، كشف شيفرة قوانين الطبيعة وقراءتها ، لأنه لم يكن هناك ما يؤكد أن كياناً إلهياً، ولو كان أكثر عقلانية منا، قام، في وقت ما، بصياغة شيفرة كهذه يمكن قراءتها." ويحتج باراو بأن العلم الصيني، في غياب "مفهوم كيان إلهي وضع شريعة لما يجري في العالم الطبيعي، الذي شكلت قراراته 'القوانين' التي لا تنتهك للطبيعة، والتي تضمن المشروع العلمي،" حُكِم عليه بـــ "ولادة ميتة غريبة ".

نحن لا نجافي الحقيقة إذا قلنا إن الاختلافات في التقدم بين الشرق والغرب يمكن تتبعها إلى الاختلافات اللاهوتية، ولكن هناك عوامل أخرى مسؤولة أيضاً. فالجزء الأكبر من العلم الغربي قام على أساس منهج الاختزالية، الذي تفهَم فيه خواص جهاز معقد عن طريق دراسة سلوك أجزائه المكوِّنة. ولنقدم مثلاً بسيطاً، ربما لا يوجد أحد يفهم كل أجهزة طائرة البوينغ 747، ولكن كل جزء منها مفهوم من قبل شخص ما. ويسعدنا أن نقول إن سلوك الطائرة مفهوم ككل، لاعتقادنا بأنها تتألف، على وجه الضبط، من مجموع أجزائها.

كانت قدرتنا على تشريح منظومات طبيعية بهذه الطريقة حاسمة بالنسبة لتقدم العلم. وكلمة "تحليل" التي كثيراً ما تستخدم مرادفة لكلمة "علم" توضح هذا الافتراض الذي يخولنا تناول أشياء منفردة ودراسة قطعها الصغيرة منعزلة في سبيل فهم الكل. ويدعي البعض إنه يمكن أن نفهم أيضاً جهازاً معقداً، كالجسم البشري، عن طريق معرفة سلوك الجينات الشخصية، أو القواعد التي تحكم الجزيئات التي تكوّن خلايانا. فإذا لم نستطع أن نفهم أجزاء محدودة من الكون دون فهم الكل، فإن العلم سيكون مشروعاً ميئوساً منه. مع ذلك، إن هذه الصفة القابلة للتحليل للمنظومات الفيزيائية ليست عامة كما كان يُظَن. فقد توصل العلماء في السنوات الأخيرة إلى تمييز المزيد والمزيد من المنظومات التي يتوجب فهمها كلاّنياً أو أنها لن تُفهَم إطلاقاً. وتوصف هذه المنظومات رياضياً بمعادلات تعرف بـــالــــ "لاخطية." (تجد المزيد من التفاصيل في كتابيّ **التصميم الكوني** و **أسطورة المادة**). وقد تكون مجرد عَرَض للتاريخ أن ينشغل أوائل العلماء بالمنظومات الفيزيائية الخطية، كالمجموعة الشمسية، التي كانت طيعة خصوصاً للتقنيات التحليلية ومقاربة الاختزاليين.

شجعت شعبية "العلم الكلاني" في السنوات الأخيرة على إصدار سلسلة من الكتب، من أشهرها **طاو**[1] **الفيزياء** لـــ فريتجوف كابرا، الذي يشدد على التشابة بين الفلسفة الشرقية القديمة، في تأكيدها على الارتباط الكلاني المتبادل للأشياء الفيزيائية، والفيزياء اللاخطية الحديثة. فهل يمكن أن نستنتج أن الفلسفة واللاهوت الشرقيين كانا، مع ذلك، متفوقين على مثيليهما في الغرب؟ بالتأكيد لا. وأصبحنا ندرك اليوم أن التقدم العلمي يتطلب كلتا المقاربتين، الاختزالية والكلانية. فالمسألة ليست مسألة كون أحداهما صحيحة والأخرى خاطئة، كما يحلو لبعضهم أن يؤكد، ولكنها مسألة الحاجة إلى طريقتين متكاملتين لدراسة الظواهر الفيزيائية. واللافت هو أن الاختزالية ناجحة دوماً. لماذا أنشئ العالم بطريقة يمكن أن نعرف فيها شيئاً دون أن نعرف كل شيء؟ سأواصل دراسة هذا الموضوع في الفصل السادس.

---

(1) الطّاو: هو المبدأ الأول الذي ينبثق منه كل وجود وتغير في هذا الكون، في الطّاوية. المترجم.

الشيفرة الكونية

ترافق نهوض العلم وعصر العقل بفكرة النظام الخفي في الطبيعة، وهو نظام رياضي شكلاً وأمكن كشفه عن طريق البحث الحاذق. أما في الدراسات البدائية للعلة والمعلول، فإن العلاقات المباشرة تتضح فوراً للأحاسيس، ولكن قوانين الطبيعة التي تُكتَشَف عن طريق العلم تكون عموماً أكثر مراوغة. فعلى سبيل المثال، يمكن لأي شخص أن يرى سقوط التفاحة، ولكن قانون التربيع العكسي في الجاذبية عند نيوتن يتطلب قياساً خاصاً ومنهجياً قبل إعلانه. وأهم من ذلك، إنه يتطلب نوعاً من إطار نظري مجرد كقرينة لتلك القياسات، ومن الواضح أن ذلك الإطار النظري يجب أن يكون ذا طبيعة رياضية. فالمعطيات الخام التي تجمعها أحاسيسنا ليست واضحة بصورة مباشرة كما تبدو. ولربطها، أي لنسجها إلى إطار الفهم، نحتاج إلى خطوة وسيطة، خطوة نطلق عليها اسم نظرية.

ويمكن، بطريقة إيحائية، توضيح حقيقة أن هذه النظرية مراوغة ورياضية، وذلك بأن نقول إن قوانين الطبيعة مدونة في شيفرة. ويتمثل عمل العالم بـــ "تفكيك" الشيفرة الكونية، وبالتالي، كشف أسرار الكون. ويشرح ذلك هاينتس بيجلز في كتابه على النحو التالي:

> **قديمة جداً فكرة وجود نظام كوني محكوم بقوانين طبيعية لا تظهر مباشـــرة للحواس، مع ذلك، فإننا لم نكتشف إلا في الســـنوات الثلاثمئة الماضية طريقة للكشـــف عن النظام الخفي- منهج العلم التجريبي. هذا المنهج فعال جداً إلى درجة أن كل ما يعرفه العلماء عملياً حـــول العالم الفيزيائي يأتي منه. وما يجدونه هو أن هندســـة الكون بنيت، في الواقع، وفقاً لقوانين عامة غير مرئية، وهو ما أطلقت عليه تســـمية شـــيفرة كونية-- شيفرة البناء عند خالق الكون المادي.**

وكما أوضحت في الفصل الأول، كان أفلاطون قد تخيل حِرَفياً ماهراً محباً للخير- خالق الكون المادي- بنى الكون مستخدماً مبادىء رياضية تقوم على أساس أشكال هندسية متناظرة. وقد تم ربط هذا العالم المجرد للأشكال الأفلاطونية بالعالم اليومي لتجارب الحس عن طريق كيان مراوغ أطلق عليه أفلاطون تسمية العالم- الروح. وشبه الفيلسوف وولتر مايورشتاين العالم- الروح عند أفلاطون بالمفهوم الحديث للنظرية الرياضية، لأنها الشيء الذي يربط تجاربنا الحسية بالمبادىء التي بني الكون على أساسها، وتزودنا بما نسميه فهماً. وفي العصر الحديث، ألح آينشتاين أيضاً على أن مشاهداتنا المباشرة للحوادث في العالم ليست واضحة عموماً، ولكن يجب ربطها بمستوى نظرية مستبطنة. ففي رسالة إلى السيد سولوفين، 7 مايس 1952، كتب آينشتاين حول، "العلاقة الإشكالية الأبدية بين عالم الأفكار والعالم الذي يمكن اختباره." وشدد فيها على أنه ليس هناك "مسلك منطقي" بين المفاهيم النظرية وملاحظاتنا. فأحدهما يدخل في اتفاق مع آخر عن طريق إجراء "خارج المنطق (حدسي)."

إذا استخدمنا استعارة الحاسب، فإنه يمكن القول إن قوانين الطبيعة تشفر رسالة. ونحن الذين نتلقى الرسالة، التي تنتقل إلينا عبر قناة نسميها نظرية علمية. ومرسل هذه الرسالة، عند أفلاطون وعدد ممن جاؤوا بعده، هو خالق الكون المادي، الباني الكوني. وكما سنرى في الفصول القادمة، فإن كافة المعلومات حول العالم يمكن، من حيث المبدأ، عرضها على شكل حساب ثنائي (واحدين وأصفار) وهو الشكل المناسب أكثر للمعالجة الحاسوبية. يزعم مايورشتاين أنه، "يمكن محاكاة العالم بسلسلة ضخمة من الحساب الثنائي للأصفار والواحدين؛ عندئذ، يكون هدف المحاولة العلمية ليس أكثر من مسعى لحل شيفرة هذه المتتالية وإزالة التشويش عنها بهدف محاولة للفهم، أي لإدراك معنى هذه 'الرسالة'." ما الذي يمكن قوله حول

طبيعة "الرسالة؟" "من الواضح تماماً، أنه إذا تم تشفير الرسالة، فإن هذا يفترض مسبقاً وجود نموذج أو تركيب ما في ترتيب الحساب الثنائي للأصفار والواحدين في السلسلة؛ سلسلة عشوائية أو مشوشة كلياً يجب اعتبارها شيفرة غير قابلة للحل." ونحو ذلك حقيقة أن هناك كوناً بدلاً من شواش يُختَصَر إلى خواص مُنَمَّطَة لسلسلة الأرقام دون العشرة. وسأبحث في الفصل التاسع، بشكل أوسع، في الطبيعة الحقيقية لهذه المواصفات.

حالة القوانين اليوم

يميل بعض الناس، بمن فيهم العلماء، إلى الاعتقاد بأن الشيفرة الكونية تحتوي على رسالة حقيقية أرسلها لنا مُشفِّر. ويؤكدون على أن وجود الشيفرة بالذات يعتبر دليلاً على وجود مُشفِّر، وأن محتوى الرسالة يخبرنا شيئاً عنه. في حين لا يجد آخرون، من أمثال بيجلز، دليلاً على وجود مشفر إطلاقاً: "أحد الملامح الشاذة للشيفرة الكونية، على حد معرفتنا، هو أن خالق الكون المادي سجل نفسه خارج الشيفرة- رسالة أجنبية دون دليل على أجنبي." وهكذا، أصبحت قوانين الطبيعة رسالة دون مرسل. ولم يكن انزعاج بيجلز من هذا في غير محله. " سواء كان الله هو الرسالة، أو كتب الرسالة، أو أنها هي التي كتبت نفسها، فإن هذا ليس مهماً بالنسبة لأساليب حياتنا.. ويمكن بأمان أن نتخلى عن فكرة خالق الكون المادي، نظراً لعدم وجود دليل علمي على خالق الكون الطبيعي، أو دليل على إرادة أو هدف في الطبيعة يتجاوز قوانين الطبيعة المعروفة."

وما دامت جذور قوانين الطبيعة قد امتدت إلى الإله، فإن وجودها لم يكن مهماً أكثر من المادة، التي خلقها الله أيضاً. ولكن، إذا أزلنا المساندة الإلهية للقوانين، فإن وجودها يصبح لغزاً عويصاً. من أين جاءت القوانين؟ من "أرسل الرسالة"؟ من ابتكر الشيفرة؟ هل القوانين موجودة ببساطة هناك – تطفو حرة، إذا

صح التعبير– أم يجب علينا أن نتخلى عن فكرة قوانين الطبيعة بالذات على اعتبارها أثراً من الماضي الديني لاضرورة له؟

ولإدراك هذه المسائل العميقة، تعالوا أولاً نُلْقِ نظرة على ما يقصده عالم فعلاً بكلمة قانون. كلنا متفقون على أن أعمال الطبيعة تظهر ضروب انتظام لافتة للنظر. فعلى سبيل المثال، يتم تصوير مدارات الكواكب بأشكال هندسية بسيطة، وتُظهِر حركاتها نظوماً رياضية مميزة. واكتُشِفَت النماذج والنظوم أيضاً داخل الذرات ومكوناتها. حتى الإنشاءات اليومية، كالجسور والآلات، تسلك عادة بطريقة منظمة ويمكن التنبؤ بها. ويستخدم العلماء، على أساس هذه التجارب، التفكير الاستقرائي لإثبات أن ضروب الانتظام هذه تشبه القوانين. وكما بينت في الفصل الأول، فإنه لا يمكن الاطمئنان تماماً إلى التفكير الاستقرائي. فلمجرد أن الشمس تشرق كل يوم من الشرق أثناء حياتك، فإنه لا يمكن أن تضمن شروقها غداً. والاعتقاد بأنها سوف تشرق– أي أن هناك، في الواقع، ضروب انتظام موثوقة في الطبيعة–هو فعل إيماني، لكنه فعل ضروري لتقدم العلم.

من المهم أن نفهم أن ضروب الانتظام في الطبيعة واقعية. ويحتج بعضهم أحياناً بأن قوانين الطبيعة، التي هي محاولات لفهم هذا الانتظام بشكل منهجي، تفرضها عقولنا على العالم لكي نفهمها. صحيح طبعاً أن العقل الإنساني يميل إلى تحديد أنماط، وحتى إلى تصورها في حين لا وجود لأي منها. فقد كان أجدادنا يرون الحيوانات والآلهة بين النجوم، واخترعوا الصور الفلكية. وكلنا نبحث عن وجوه في الغيوم والصخور واللهب. وعلى الرغم من ذلك، أظن أن أي إيحاء بأن قوانين الطبيعة هي إسقاطات شبيهة يقوم بها الإنساني هو إيحاء سخيف. فوجود الانتظام في الطبيعة حقيقة رياضية موضوعية. ومن جهة أخرى، إن الصياغات التي تدعى قوانين في الكتب المدرسية هي مبتكرات إنسانية، ولكنها مبتكرات مصممة لكي تعكس، وإن

تكن ناقصة، خواصاً موجودة فعلاً في الطبيعة. ودون الافتراض بأن الانتظام واقعي، يتحول العلم إلى أحجية لا معنى لها.

هناك سبب آخر يدعوني إلى عدم الاعتقاد بأن قوانين الطبيعة من إعدادنا هو أن هذه القوانين تساعدنا على اكتشاف أشياء جديدة حول العالم، أشياء لا نشك أحياناً بوجودها أبداً. والدليل على فعالية قانون ما هو أنه يتجاوز الوصف الحقيقي للظاهرة الأصلية الذي استُحضِر لتفسيرها، ويربطها بظواهر أخرى أيضاً. فعلى سبيل المثال، يقدم قانون نيوتن في الجاذبية وصفاً دقيقاً لحركة الكواكب، ولكنه يفسر أيضاً حركات المد والجزر المحيطية، وشكل الأرض، وحركة السفينة الفضائية، وغير ذلك كثير. وتتجاوز النظرية الكهرطيسية عند ماكسويل وصف الكهرباء والمغنطيسية، إلى تفسير طبيعة الموجات الضوئية والتنبؤ بوجود الموجات اللاسلكية. وهكذا، تعمل القوانين الأساسية حقاً للطبيعة على توطيد علاقات عميقة بين مختلف العمليات الفيزيائية. ويُظهِر تاريخ العلم أنه، ما أن يتم الاعتراف بقانون جديد، حتى يجري بسرعة استنباط نتائجه، ويتم اختباره في كثير من السياقات الجديدة، مما يؤدي غالباً إلى اكتشاف ظواهر جديدة، وهامة، وغير متوقعة. يقودني هذا إلى الظن أنه، بهداية العلم، نكتشف انتظاماً وروابط حقيقية، وأننا نقرأ هذا الانتظام من الطبيعة، ولا نضمِّنه لها.

وحتى إذا لم نعرف ما قوانين الطبيعة، أو من أين جاءت، فإنه يبقى في مقدورنا تسجيل خواصها. ومن الغريب أن تكون هذه القوانين قد غُلِّفت بالكثير من الصفات التي عُزيَت صورياً إلى الإله الذي افترِض، فيما مضى، أنها جاءت منه.

إن هذه القوانين، أولاً وقبل كل شيء، قوانين شاملة. فالقانون الذي ينجح أحياناً فقط، أو ينجح في مكان دون الآخر، لا يصلح لأن يكون قانوناً. فنحن نفهم القوانين على أنها تنطبق، بشكل صائب، في كل مكان من الكون وفي كل حقب التاريخ الكوني. فالاستثناءات غير مسموح بها. وبهذا المعنى تكون القوانين مثالية أيضاً.

ثانياً، وهي مطلقة. إنها غير منوطة بأي شيء آخر. وهي، بشكل خاص، لا تعتمد على من يراقب الطبيعة، أو على الوضع الحالي للعالم. والحالات الفيزيائية تتأثر بالقوانين، والعكس غير صحيح. والحقيقة هي أن العنصر الأساسي في الرؤية العلمية للعالم يتمثل في فصل القوانين التي تحكم منظومة فيزيائية عن حالات تلك المنظومة. فعندما يتحدث عالِم عن "حالة" منظومة ما، فإنما يقصد الوضع الفيزيائي الحالي الذي تكون عليه تلك المنظومة في لحظة ما. ولوصف حالة ما، علينا أن نعطي قيم كل الكميات الفيزيائية التي تميز تلك المنظومة. فحالة الغاز، على سبيل المثال، يمكن تحديدها عن طريق إعطاء درجة حرارته، وضغطه، وتركيبه الكيميائي وهكذا، إذا كنا نهتم فقط بصفاته الإجمالية. ويعني التحديد الكامل لحالة الغاز إعطاء تفاصيل حول أوضاع وحركات كل الجزيئات المُقَوِّمَة. فالحالة ليست شيئاً ما ثابتاً وهبة من الله، بل إنها تتغير عادة بمرور الزمن. أما القوانين التي تؤمِّن العلاقات بين الحالات في لحظات تالية، فعلى العكس، لا تتغير بمرور الزمن.

ونصل بالتالي إلى الخاصية الثالثة والأكثر أهمية لقوانين الطبيعة، ألا وهي **سرمديتها**. فالصفة الأزلية السرمدية للقوانين تنعكس في التراكيب الرياضية المستخدمة لصوغ العالم الفيزيائي. فعلى سبيل المثال، إن القوانين الدينامية، في الميكانيكا التقليدية، مُتَضَمَّنَة في شيء رياضي يدعى "الهاملتونية[1]،" الذي ينشط في شيء ما يدعى "فضاء الطور." وهي تراكيب رياضية تقنية؛ وتعريفها ليس مهماً. والمهم أن الهاملتونية وفضاء الطور كلاهما ثابتان. ومن جهة أخرى، تُمَثَّل حالة المنظومة بنقطة في فضاء الطور. وهذه النقطة تنتقل بمرور الزمن، بما يمثل تبدلات الحالة التي تحدث مع تطور المنظومة. والحقيقة الأساسية هي أن الهاملتونية وفضاء الطور نفسيهما مستقلان عن حركة النقطة التمثيلية.

رابعاً، القوانين كلية القدرة. أقصد بهذا أنه ما من شيء يفلت منها: إنها قادرة على كل شيء. وهي أيضاً، بمعنى أوسع، كلية العلم، لأنه، إذا أخذنا

(1) Hamiltonian : نسبة إلى وليم هاملتون المتوفي عام 1865، وهو عالم رياضيات إيرلندي. المترجم.

بمجازية القوانين التي "تحكم" المنظومات الفيزيائية، عندئذ، لا يُفتَرَض بتلك المنظومات أن "تبلَّغ" عن قوانين حالاتها لكي تقوم القوانين بـ "تشريع التعليمات الصحيحة" لتلك الحالات.

هذا متفق عليه عادة إلى حد بعيد. ولكن الاختلاف يظهر عندما ندرس حالة القوانين. فهل يجب اعتبارها كمكتشفات حول الواقع، أو مجرد مبتكرات بارعة قدمها العلماء؟ وهل يُعتَبَر قانون التربيع العكسي في الجاذبية لنيوتن اكتشافاً حول العالم الواقعي الذي صدف أن أوجده نيوتن، أم أنه ابتكار جاء به في محاولة لوصف أوجه الانتظام المنظورة؟ وبمعنى آخر، هل اكتشف نيوتن شيئاً ما حول العالم وكان واقعياً من الناحية الموضوعية، أم أنه ابتكر فقط نموذجاً رياضياً لجزء من العالم الذي صدف أنه مفيد إلى حد ما في الوصف؟

تعكس اللغة التي تستخدم لمناقشة عمل قوانين نيوتن تحاملاً شديداً على الموقف السابق. فالفيزيائيون يتحدثون عن كواكب "تمتثل" لقوانين نيوتن، وكأن كوكباً ما كان، بطبعه، كياناً متمرداً وكان سيندفع مسعوراً لو لم "يخضع" للقوانين. وهذا يخلف الانطباع بأن القوانين تترصد في مكان ما "هناك،" مستعدة للتعرض فجأة لحركات الكواكب متى وأينما تحدث. فإذا رحنا نأخذ بهذا الوصف، فإنه من السهل أن نعزو حالة مستقلة إلى القوانين. وإذا اعتبرنا أن لها حالة كهذه، عندئذٍ يقال عن القوانين إنها متسامية، لأنها تتخطى العالم الفيزيائي الحالي بالذات. ولكن، هل هناك حقاً ما يبرر هذا القول؟

كيف يمكن إثبات الوجود المستقل المتسامي للقوانين ؟ فإذا أعلنت عن نفسها فقط من خلال المنظومات الفيزيائية—بطريقة سلوك تلك المنظومات— فإنه لا يمكن أبداً أن "تكشف سر" مادة الكون إلى القوانين بحد ذاتها. فالقوانين موجودة في سلوك الأشياء المادية. ونحن نرى الأشياء، لا القوانين. ولكن إذا لم نستطع أن ندرك القوانين إلا من خلال تجليها في الظواهر الفيزيائية، فبأي حق نعزو إليها وجوداً مستقلاً؟

هناك تشابه مفيد بمفهومي العتاد والبرمجيات في الحوسبة. فقوانين الفيزياء تقابل البرمجيات، والحالات الفيزيائية تقابل العتاد. (مع التسليم بأن هذا يوسع استخدام كلمة "عتاد" قليلاً جداً، لأن تعريف الكون الفيزيائي يتضمن حقولاً كمومية غامضة وحتى الزمان المكاني بالذات). وعندئذٍ، يمكن عرض المسألة السابقة كما يلي: هل هناك وجود مستقل لــ "برمجيات كونية"- برنامج لحاسوب كوني ما يحتوي على كافة القوانين الضرورية؟ وهل يمكن للبرامج أن توجد دون عتاد؟

أشرت سابقاً إلى اعتقادي بأن قوانين الطبيعة هي حقائق واقعية موضوعية حول الكون، وأننا نكتشفها ولا نخترعها. ولكن، تبيَّن أن كافة القوانين الأساسية المعروفة هي رياضية من حيث الصيغة. أما لماذا يجب أن تكون كذلك، فموضوع مهم ودقيق يحتاج إلى بحث في طبيعة العلوم الرياضية. وهذا ما سوف أتعرض له في الفصول التالية.

ما معنى أن يكون شيء ما "موجوداً"؟

إذا كان الواقع الفيزيائي يقوم، إلى حد ما، على قوانين الفيزياء، عندئذٍ، يجب أن يكون لهذه القوانين، بمعنى ما، وجود مستقل. فما شكل الوجود الذي يمكن أن يعزى إلى شيء ما مجرد وغامض جداً كقانون الطبيعة؟

دعنا نبدأ بشيء مادي-كالخرسانة، مثلاً. نعرف أن الخرسانة موجودة، لأنه (كما قال الدكتور جونسون) يمكن أن نركلها بقدمنا. ويمكن أيضاً أن نراها وربما نشمها: الخرسانة تؤثر مباشرة على حواسنا. ولكن، فيما يتعلق بوجود كتلة من الخرسانة، هناك ما هو أكثر من اللمس، والرؤية والشم. ونفترض أيضاً أن وجود الخرسانة هو شيء مستقل عن حواسنا. إنه "هناك" فعلاً، وسوف يستمر وجوده حتى عندما لا يمكننا لمسه، أو رؤيته، أو شمه. هذه فرضية طبعاً، ولكنها فرضية معقولة. وما يحدث فعلاً، هو أننا، عند تكرار المعاينة، نتلقى معلومات حسية مماثلة. والعلاقة بين المعطيات الحسية التي نتلقاها في مناسبات متتالية تمكننا من

تمييز كتلة الخرسانة وتعريفها. وعندئذٍ، يكون وضع نموذجنا للواقع على أساس أن للخرسانة وجوداً مستقلاً أسهل منَ افتراض أنها تزول عندما نحول بصرنا عنها وتعود إلى الظهور، بشكل إجباري، كلما نظرنا إليها.

لا خلاف على شيء من هذا، كما يبدو. ولكن ما كل الأشياء التي يقال إنها موجودة هي مادية كالخرسانة. فماذا عن الذرات، مثلاً؟ إنها أصغر بكثير من أن تُرى، أو تُلمَس أو يُحَس بها مباشرة بأية طريقة. ومعرفتنا بها تتم بصورة غير مباشرة، عن طريق معدات وسيطة، معطياتها تحتاج إلى معالجة وتفسير. والميكانيكا الكمومية تجعل الأمور أكثر سوءاً. فعلى سبيل المثال، لا يمكن أن نعزو موضعاً محدداً إضافة إلى حركة محددة إلى ذرة في الوقت نفسه. فالذرات والجسيمات دون الذرية تقيم في عالم وهمي نصف موجود.

إذاً، ما يزال هناك المزيد من الكيانات أكثر تجريداً كالمجالات. فمجال الجاذبية لجسم ما لا شك في وجوده، ولكن لا نستطيع ركله بقدمنا، فما بالك برؤيته وشمه. وتبقى المجالات الكمومية أكثر غموضاً، وهي تتألف من عينات مهتزة لطاقة غير مرئية.

ولكن وجوداً أقل من مادي ليس حكراً على الفيزياء. فنحن، حتى في الحياة اليومية، نستخدم مفاهيم مثل مواطنة وإفلاس، وهذه المفاهيم واقعية جداً حتى على الرغم من عدم إمكانية لمسها أو رؤيتها. والمعلومات مَثَلٌ آخر. فحقيقة أنه لا يمكن الإحساس مباشرة بالمعلومات في حد ذاتها لا يقلل من الأهمية الحقيقية في أساليب حياتنا لـ"تكنولوجيا المعلومات"، حيث تُختَزَن فيها المعلومات وتتم معالجتها. وتنطبق ملاحظات مماثلة على مفهوم البرمجيات، وهندستها. يمكن طبعاً أن نكون قادرين على رؤية أو لمس وسيلة اختزان المعلومات، كقرص الحاسب أو شريحته المجهرية، ولكن لا يمكن أن ندرك مباشرة المعلومات على هذه الوسائل بحد ذاتها.

هناك، إذن، العالم الكامل للظواهر الموضوعية، كصور الأحلام. فلا يمكن لأحد أن ينكر أن مدركات الأحلام تتمتع بنوع من الوجود (على الأقل

بالنسبة لمن يحلمون)، ولكنها ذات طبيعة إجمالية أقل مادية من كتل الخرسانة. ومثل ذلك الأفكار، والعواطف، والذكريات، والأحاسيس: لا يمكن رفضها على اعتبارها غير موجودة، مع أن طبيعة وجودها تختلف عن طبيعة وجود العالم "الموضوعي." وهكذا العقل أو الروح، إنها كبرمجيات الحاسب، يمكن أن تعتمد في تجليها، على شيء ما مادي-الدماغ في هذه الحالة-ولكن هذا لا يجعلها مادية.

وهناك أيضاً فئة من الأشياء التي توصف، على نطاق واسع، بالثقافية-الموسيقا أو الأدب، مثلاً. فوجود سمفونيات بتهوفن أو أعمال ديكنز، ببساطة، لا يساوي وجود المخطوطات التي كتبت عليها. ولا يمكن تمييز الدين أو السياسة بواسطة الناس الذين يمارسونها. فكل هذه الأشياء "موجودة" بمعنى أقل من مادي، ولكنه، مع ذلك، معنى مهم.

وأخيراً، هناك عالم الرياضيات والمنطق، وهما موضع اهتمام مركزي بالنسبة للعلم. فما طبيعة وجودهما؟ عندما نقول بوجود نظرية ما حول الأعداد الأولية، مثلاً، فإننا لا نقصد أنه يمكن ركل تلك النظرية، كركل كتلة الخرسانة. مع ذلك، لا يمكن أن ننكر أن الرياضيات موجودة بطريقة ما، وإن يكن وجوداً مجرداً.

المسألة التي تواجهنا هي ما إذا كانت قوانين الفيزياء تتمتع بوجود متسام. ويعتقد الكثير من الفيزيائيين بأنها كذلك. فهم يتحدثون عن "اكتشاف" قوانين الفيزياء وكأنها كانت موجودة مسبقاً في مكان ما "هناك". ومن المسلم به، طبعاً، أن ما نسميه اليوم قوانين الفيزياء هو فقط تقريب تجريبي إلى مجموعة فريدة من القوانين "الدقيقة،" ولكن الاعتقاد هو أنه كلما تقدم العلم، تحسنت هذه التقريبات أكثر فأكثر، مع توقع أنه في يوم ما سنحصل على المجموعة "الصحيحة" من القوانين. وعندما يحدث هذا، ستكون الفيزياء النظرية قد اكتملت. وتوقع الاكتمال في مستقبل ليس بالبعيد هو الذي دفع ستيفن هوكنغ إلى أن يعنون محاضرته الافتتاحية

عند استلام كرسي لوكاســيان، في كامبريدج، " هل نشهد خاتمة الفيزياء النظرية في المستقبل المنظور؟"

ولكن، ما كل الفيزيائيين النظريين مرتاحين تماماً لفكرة القوانين المتسامية. فجيمس هارتله الذي يرى أن "العلماء، كالرياضيين، يتقدمون كما لو كانت حقائق مواضيعهم تتمتع بوجود مستقل ... كما لو كانت هناك مجموعة وحيدة من القوانين يُدار الكون بموجبها بفعلية بصرف النظر عن هذا العالم الذي تحكمه،" يحتج بأن تاريخ العلم زاخر بالأمثلة حول ما كان يعتبر فيما مضى حقائق أساسية لازبة تحولت إلى غير ضرورية وخاصة. فقد اعتبرت فكرة أن الأرض مركز الكون، على مدى قرون، مسألة غير مشكوك فيها حتى اكتشفنا أن الكون يبدو كذلك فقط بسبب موضعنا على سطحه. كما اعتُبِر امتثال الخطوط والزوايا في الحيز الثلاثي الأبعاد لقوانين الهندسة الإقليدية حقيقة أساسية ولازبة، ولكن تحول إلى كونه مديناً فقط لحقيقة أننا نعيش في منطقة من المكان والزمان فيها الجاذبية ضعيفة نسبياً، إلى درجة غاب معها عن الملاحظة انحناء الفضاء آماداً طويلة. ويتساءل هارتله كيف يمكن لعدد من السمات الأخرى للعالم أن تعزى كذلك إلى منظورنا الخاص للعالم، لا إلى نتيجة الحقيقة العميقة المتسامية؟ وفصل الطبيعة إلى "العالم" و "القوانين" يمكن أن يكون واحدة من السمات غير الضرورية.

وإذا اعتمدنا وجهة النظر المذكورة، فإنه لا توجد مجموعة فريدة من القوانين يميل العلم إلى الالتقاء عندها. ويقول هارتله إن نظرياتنا، وقوانينا التي تحتويها تلك المسألة، لا يمكن فصلها عن الأوضاع التي نجد أنفسنا فيها. وهذه الأوضاع تتضمن ثقافتنا، وتاريخ تطورنا، ومعلومات محددة حول العالم كنا جمعناها. وفي حضارة مغايرة ذات تاريخ تطوري مختلف، يمكن للثقافة، والعلم أن ينظما قوانين مختلفة جداً. ويشير هارتله إلى أن كثيراً من القوانين المختلفة يمكن أن تتوافق مع مجموعة مفترضة من المعطيات، وأنه لا يمكن التأكد من أننا قد توصلنا إلى المجموعة الصحيحة.

في البداية

من المهم أن ندرك أن القوانين بحد ذاتها لا تصف العالم بصورة كاملة. والغرض الصحيح من قيامنا بصياغة القوانين هو، في الواقع، ربط مختلف الحوادث الفيزيائية. فعلى سبيل المثال، إنه لقانون بسيط ذاك الذي يقول إننا لو قذفنا كرة في الهواء، فإن مسارها سيتخذ شكل قطع مكافيء. ولكن، هناك أشكال كثيرة مختلفة للقطع المكافيء. بعضها طويل ورفيع، وأخرى واطئة ومسطحة. والقطع المكافيء الخاص الذي تتبعه كرة خاصة يعتمد على سرعة القذف وزاويته. ويشار إلى هذين العاملين باسم "الشروط الابتدائية."وقانون القطع المكافيء مع الشروط الابتدائية يحددان، على نحو فريد، مسار الكرة.

فالقوانين، إذاً، هي بيانات حول أصناف الظواهر. والشروط الابتدائية هي بيانات حول منظومات خاصة. والفيزيائي التجريبي، كثيراً ما يختار أو يستنبط، أثناء بحثه، بعض الشروط الابتدائية. فعلى سبيل المثال، ألقى غاليلة، في تجربته المشهورة حول سقوط الأجسام، في وقت واحد كتلاً غير متساوية، لكي يبيِّن أنها ترتطم بالأرض في اللحظة نفسها. وعلى العكس، لا يمكن للعالم أن يختار القوانين؛ لأنها "هبة من الله." وهذه الحقيقة تمنح القوانين مكانة أسمى بكثير من مكانة الشروط الابتدائية. فالشروط الابتدائية تعتبر تفصيلاً عرضياً مطواعاً، أما القوانين فأساسية، وأزلية، ومطلقة.

إن الطبيعة، في العالم الطبيعي وخارج نطاق تحكم المجربين، هي التي تؤمِّن لنا الشروط الابتدائية. فحبة البَرَد التي ترتطم بالأرض لم يطلقها غاليلة بطريقة ما مقدرة سلفاً، ولكنها أُنتِجَت عن طريق عمليات فيزيائية في الجو العلوي. وبالمثل، عندما يدخل مذنَّب إلى المنظومة الشمسية من الخارج على امتداد مسار خاص، فإن ذلك المسار يعتمد على العمليات الفيزيائية لمنشأ المذنب. وبمعنى آخر، يمكن تقفي أثر الشروط الابتدائية التي تتصل بمنظومة

ذات أهمية إلى البيئة الأوسع. وعندئذٍ، يمكن أن يسأل المرء حول الشروط الابتدائية لتلك البيئة الأوسع. لماذا تتشكل حبة البرد في تلك النقطة الخاصة من الجو؟ ولماذا تتشكل الغيوم هناك وليس في مكان آخر؟ وهلمجرا.

من السهل علينا أن ندرك أن شبكة الروابط البينية السببية تنتشر نحو الخارج بسرعة كبيرة حتى تشمل كامل الكون. وماذا بعد ذلك؟ فتعود بنا مسألة الشروط الكونية الابتدائية إلى الانفجار الكبير ومنشأ الكون الفيزيائي. هنا تتبدل قواعد اللعبة إلى حد مثير. فبينما تكون الشروط الابتدائية، بالنسبة لمنظومة فيزيائية خاصة، مجرد ملمح عرضي يمكن دائماً تفسيره باللجوء إلى بيئة أوسع في لحظة أقدم، فإن الشروط الابتدائية للكون لا تجد بيئة أوسع، ولا لحظة أقدم. فالشروط الابتدائية الكونية "محددة،" تماماً كقوانين الفيزياء.

يلاحظ معظم العلماء أن الشروط الكونية الابتدائيـــة تقع خارج نطاق العلم تماماً. وهي، كالقوانين، يجب التسليم بها ببساطة كحقيقة فجة. ويلجأ أصحاب المزاج الديني إلى الإله لتفسير تلك الشروط. ويميل الملحدون إلى اعتبارها عشوائية أو اعتباطية. ويبقى على العالِم أن يعمل على تفسير العالم بقدر الإمكان دون اللجوء إلى شروط ابتدائية خاصة. فإذا كان بالإمكان تفسير سمة من سمات العالم فقط بافتراض أن الكون بدأ بطريقة ما، عندئذٍ، لا نكون قد قدمنا إطلاقاً تفسيراً واقعياً. ويكتفي أحدهم بالقول إن الكون موجود هكذا لأنه وجد كما هو. ولذلك، قاد الإغراء إلى تأسيس نظريات حول الكون لاتعتمد، بدقة كبيرة، على الشروط الابتدائية.

والدليل إلى معرفة كيف يمكن تحقيق ذلك نجده في الدينميات الحرارية. فإذا قدم لي أحدهم كأساً من الماء الساخن، فإنني أعرف أنه سيكون بارداً في اليوم التالي. ومن ناحية أخرى، إذا قدم لي كأساً من الماء البارد، فإنه لا يمكن أن أقول ما إذا كان يوم أمس، أو أول من أمس، ساخناً أم لا، أو إلى أي مدى كان ساخناً، أو ما إذا كان ساخناً في أي وقت. ويمكن لأحدنا أن يقول إن

تفاصيل التاريخ الحراري للماء، بما في ذلك شروطه الابتدائية، قد طمستها العمليات الدينمية الحرارية التي جعلتها متوازنة حرارياً مع محيطها. وهكذا، احتج علماء الكون بأن عمليات مماثلة يمكن أن تطمس تفاصيل الشروط الكونية الابتدائية. وعندئذٍ، سيكون من غير الممكن، إلا بالعبارات الفضفاضة، استنتاج كيف بدأ الكون من مجرد معرفة لما يشبهه الكون اليوم.

دعوني أقدم مثالاً. يتوسع الكون في الوقت الحاضر في كل اتجاه بالسرعة نفسها. فهل معنى هذا أن الانفجار الكبير كان إسوّي الخواص في جميع الجهات؟ ليس بالضرورة. قد تكون الحالة أنه بدأ بالتوسع بطريقة مشوشة، وبسرعات مختلفة في مختلف الاتجاهات، وأن هذا الاضطراب هدأ عن طريق عمليات فيزيائية. فعلى سبيل المثال، قد تكون تأثيرات احتكاكية عملت على كبح الحركة في اتجاهات التوسع السريع. وبدلاً من ذلك، ووفقاً للسيناريو الحديث[1] لتضخم الكون الذي درسناه باختصار في الفصل الثاني، خضع الكون المبكر لطور من التوسع المتسارع استبعدت فيه الشذوذات الابتدائية خارج الوجود. فكانت النتيجة النهائية كوناً يتمتع بدرجة عالية من التجانس المكاني ونمطاً هادئاً للتوسع.

وتجذب الكثير من العلماء فكرة أن حالة العالم الذي نراه اليوم غير حساسة نسبياً للطريقـــة التي بدأ فيها في الانفجار الكبير. لا شك في أن هذا يُعزى جزئياً إلى رد فعل ضد النظريات الدينية حول خلق خاص، وأيضاً لأن الفكرة تلغي الحاجة إلى الاهتمام بحالة الكون في مراحله المبكرة جداً، عندما كانت الشروط الفيزيائية صارمة على الأرجح. ومن جهة أخرى، من الواضح أنه لا يمكن تجاهل الشروط الابتدائية تماماً. ويمكن أن نتخيل كوناً ككوننا بالعمر نفسه ولكن بشكل مختلف جداً، ولنتصور، بعدئذٍ، أنه تطور رجوعاً في الزمن وفقاً لقوانين الفيزياء إلى منشأ الانفجار الكبير. وسنكتشف حالة ما ابتدائية أحدثت، بعد ئذٍ، ذلك الكون المختلف.

---

(1) لمزيد من التفاصيل حول هذه النظرية، انظر كتابنا القوة الخارقة superforce.

وأياً كانت الشروط الابتدائية التي أحدثت كوننا، فإنه يمكن للمرء دائماً أن يسأل: لماذا هذه الشروط؟ ومع التسليم بالعدد غير المحدد للطرق التي قد يكون الكون بدأ بها، فلماذا بدأ بالطريقة التي بدأ بها؟ هل هناك شيء ما استثنائي حول تلك الشروط الابتدائية الخاصة؟ من المغري أن نفترض أن الشروط الابتدائية لم تكن اعتباطية، ولكنها تتوافق مع مبدأ ما عميق. مع ذلك، من المسلَّم به عادة أن قوانين الفيزياء ليست اعتباطية، ولكن يمكن تغليفها في علاقات رياضية متقنة. فهل يمكن ألا يكون هناك أيضاً قانون رياضي محكم للشروط الابتدائية؟

لقد ترقى هذا الاقتراح عن طريق الكثير من المُنَظِّرين. فعلى سبيل المثال، احتج روجر بنروز بأنه، لو كانت الشروط الابتدائية قد اختيرت عشوائياً، لكان الكون الناتج يميل بشكل ساحق إلى أن يكون شاذاً إلى حد بعيد، ولكان احتوى على ثقوب سوداء شاذة أكثر منها مادة موزعة بشكل منتظم نسبياً. وعالم منتظم كعالمنا، يحتاج عند بدايته إلى موالفة دقيقة مرهفة إلى حد استثنائي، بحيث تتوسع مناطقه كافة بطريقة متناغمة بدقة. يستخدم بنروز استعارة الخالق الذي يحمل "قائمة تسوُّق" لا نهاية لها من الظروف الابتدائية الممكنة، ويشير إلى أنه سيحتاج إلى قراءة القائمة بصورة كاملة تماماً قبل أن يجد مرشحاً يقود إلى كون ككوننا. أما الاختيار بغرز دبوس عشوائياً في القائمة فهي استراتيجية مآلها الفشل المؤكد. ويعلق بنروز قائلاً، "دون رغبة في تشويه قدرات الخالق في هذه الناحية، فإنني أشدد على أن أحد واجبات العلم هو البحث عن القوانين الفيزيائية التي تفسر، أو، على الأقل، تصف، بأسلوب متماسك، طبيعة الدقة الظاهراتية التي كثيراً جداً ما نلاحظها في أشغال العالم الطبيعي ... ولهذا السبب، فنحن نحتاج إلى قانون في الفيزياء لتفسير خصوصية الحالة الابتدائية." والقانون الذي يقترحه بنروز هو أن الحالة الابتدائية للكون كانت مكرهة، منذ البداية، على أن يكون لها

نمط محدد من السلاسة منذ البدء، دون أية حاجة إلى عمليات التضخم أو التسوية الأخرى. ولا ضرورة إلى الاهتمام بالتفاصيل الرياضية.

قام هارتله وهوكنغ بدراسة لقتراح آخر في إطار نظريتهما الكوزمولوجية الكمومية. وكنت ذكرت في الفصل الثاني أنه لا توجد "لحظة أولى" خاصة في هذه النظرية، ولا حادثة خلق. ولهذا، تم إلغاء مشكلة الشروط الكونية الابتدائية بإلغاء الحادثة الابتدائية جملة. ومــع ذلك، يجب، لتحقيق هــذه الغاية، العمل بصرامة على تحديد الحالة الكمومية للكون، ليس فقط في البداية، بل في كل الأوقات. وقدم هارتله وهوكنغ صياغة رياضية واضحة لهذا التحديد، تلعب، في الواقع، دور "قانون الشروط الابتدائية."

من المهم أن ندرك أنه لايمكن إثبات صحة أو خطأ قانون ما بخصوص شروط ابتدائية، ولا يمكن استنتاجه من القوانين الموجودة للفيزياء. وتكمن أهمية قانون كهذا، كما هي الحال في كافة المقترحات العلمية، في قدرته على التنبؤ بالنتائج التي يمكن ملاحظتها. صحيح أن المنظِّرين قد يجذبهم اقتراح خاص على أساس أناقته و "طبيعيته naturalness" الرياضية، ولكن من الصعب تبرير هذه الحجج الفلسفية. فاقتراح هارتله–هوكنغ، مثلاً، مناسب جداً لصورية الجانبية الكمومية، ويبدو معقولاً وطبيعياً جداً ضمن ذلك الإطار. ولكن لو أن علمنا تطور بطريقة مختلفة، لبدا قانون هارتله–هوكنغ اعتباطياً أو مبتدعاً إلى حد بعيد.

ولكن متابعة نتائج نظرية هارتله–هوكنغ عيانياً غير سهلة لسوء الحظ. ويدَّعي المؤلفان أنها تتنبأ بطور تضخمي للكون، يتفق مع أحدث شكل كوزمولوجي، وقد تجد يوماً ما تقوله حول التركيب الواسع النطاق للكون–على سبيل المثال، الطريقة التي تنزِع فيها المجرات إلى التعنقد مع بعضها بعضاً. ولكن الأمل في أي وقت ضئيل، كما يبدو، لاختيار قانون وحيد على أساس المشاهدة العيانية. وبالفعل، حاول هارتله أن يبرهن أنه لا وجود لقانون وحيد

كهذا. وعلى أية حال، إن اقتراحاً مفترضاً لاختيار حالة كمومية لكامل الكون لن يفيدنا كثيراً حول المستوى الدقيق لتفصيل ما، كوجود كوكب خاص، فما بالك أيضاً بوجود إنسان خاص. وتضمن الطبيعة الكمومية إياها للنظرية (بسبب مبدأ الريبة عند هايسنبرغ) بقاء هذه التفاصيل مبهمة.

قد يكون الفصل إلى قوانين وشروط ابتدائية، الذي ميز كافة المحاولات السابقة لتحليل الأنظمة الدينمية، مديناً لتاريخ العلم أكثر منه لأي خاصيَّة عميقة من خواص العالم الطبيعي. ونعرف من الكتب المدرسية أن من يقوم بالتجربة، في اختبار نموذجي، يُحدِث حالة فيزيائية خاصة ثم يلاحظ ما يحدث–أي، كيف تتطور الحالة. ويعتمد نجاح المنهج العلمي على إمكانية إعادة إنتاج النتائج، أي إذا كررنا التجربة، فإننا نطبق قوانين الفيزياء نفسها، ولكن الشروط الابتدائية تكون تحت سيطرة من يقوم بالتجربة. ولهذا، يكون هناك فصل وظيفي واضح بين القوانين والشروط الابتدائية. ولكن الحالة تختلف فيما يخص علم الكون. فهناك فقط كون واحد، وبالتالي، تكون فكرة تكرار التجربة غير قابلة للتطبيق. علاوة على ذلك، فنحن لا نمارس سيطرة على الشروط الكونية الابتدائية أكبر منها على قوانين الفيزياء. ولذلك، يتعطل التمييز الواضح بين قوانين الفيزياء والشروط الابتدائية. ويخمن هارتله، "لا يمكن أن يكون هناك المزيد من المبادىء العامة في إطار أكثر شيوعاً تحدد الشروط الابتدائية والديناميكا."

أظن أن هذه المقترحات حول قوانين الشروط الابتدائية تعزز بقوة الفكرة الأفلاطونية التي تقول إن القوانين "موجودة هناك،" تسمو فوق العالم الفيزيائي. ويحاول البعض أحياناً أن يثبت أن قوانين الفيزياء نشأت مع الكون. فإذا صح ذلك، فإن تلك القوانين لا يمكن أن تفسر نشأة الكون، لأنها لم تكن موجودة قبل وجوده. ويصبح هذا أكثر وضوحاً عندما يتعلق الأمر بقانون ما خاص بشروط ابتدائية، لأن قانوناً كهذا يوهم أنه يفسر بدقة كيف نشأ الكون بالشكل الذي نشأ

عليه. ولا يوجد في مخطط هارتله- هوكنغ لحظة حقيقية للخلق ينطبق عليها قانونهما. مع ذلك، ما زال يُقتَرَح كتفسير لسبب اتخاذ الكون الشكل الذي هو عليه. لو لم تكن القوانين متسامية، لكان المرء ملزماً بقبول حقيقة فجة تقول إن الكون ببساطة موجود هناك، على شكل صرة، بملامح متعددة تصفها القوانين المبيتة فيه. ولكن مع القوانين المتسامية، يكون لدى المرء بدايات يعلل بواسطتها سبب وجود الكون كما هو.

فكرة القوانين المتسامية للفيزياء هي النظير الحديث لعالم الأشكال المثالية عند أفلاطون التي عملت كتصاميم لإنشاء عالم الظلال العابر في مداركنا. وتتم، عملياً، صياغة قوانين الفيزياء على شكل علاقات رياضية، بحيث يتوجب علينا، في بحثنا عن أساس الواقع، أن ننكب على طبيعة الرياضيات، وعلى المشكلة القديمة حول ما إذا كانت الرياضيات موجودة في عالم أفلاطوني مستقل.




www.al-maktabeh.com
مكتبة
المهتدين

الفصل الرابع

الرياضيات والواقع

ما من موضوع يوضح الخط الفاصل بين الثقافتين- الفنون والعلوم- أفضل من الرياضيات. فالرياضيات، بالنسبة للدخيل، عالم غريب غامض من التقنية المخيفة، زاخر بالرموز العجيبة والإجراءات المعقدة، إنها سحرٍ ولغة مستغلقة. أما بالنسبة للعالم، فهي كفيلة الدقة والموضوعية. وهي أيضاً، وإلى حد يبعث علىالدهشة، لغة الطبيعة نفسها. وما من أحد يُعزَل عن الرياضيات ويمكنه أن يفهم المغزى الكامل للنظام الطبيعي المتشابك بعمق مع بنية الواقع الفيزيائي.

وبسبب دورها الأساسي في العلم، يوظف كثير من العلماء- وخصوصاً علماء الفيزياء- الواقع النهائي للعالم الفيزيائي في الرياضيات. وعلق زميل لي مرة بأنه لا يرى العالم أكثر من شدف وقطع من الرياضيات. لا بد أن يكون هذا مذهلاً بالنسبة لشخص عادي، ترتبط عنده بقوة صورة الواقع بإدراك الأجسام الفيزيائية، ويرى أن الرياضيات وسيلة للتسلية مقصورة على فئة قليلة. مع ذلك، تبقى القناعة بأن الرياضيات هي المفتاح الذي يساعد المبتدىء على فك مغاليق أسرار الكون قديمة قِدَمَ الموضوع نفسه.

أعداد سحرية

لنتذكر بلاد الأغريق القديمة ومعظم الناس الذين يفكرون بالهندسة. فأطفالنا يتعلمون اليوم نظرية فيثاغورث والمبادىء الأخرى للهندسة الإقليدية كتمرين للتدرب على التفكير الرياضي والمنطقي. ولكن الهندسـة، بالنسـبة

للفلاسفة الأغريق، كانت تمثل أكثر من مجرد تمرين عقلي. فقد كانت تستهويهم، إلى حد بعيد، مفاهيم العدد وشكله إلى حد وضعوا معه نظرية كاملة للكون على أساسها. وقد قال فيثاغورث، "العدد هو مقياس كل الأشياء."

عاش فيثاغورث نفسه في القرن السادس قبل الميلاد وأسس مدرسة لفلاسفة يعرفون بالفيثاغوريين. كان هؤلاء على قناعة بأن النظام الكوني يقوم على أساس علاقات عددية، وأضفوا على بعض الأعداد والأشكال مغزى صوفياً. فعلى سبيل المثال، كانوا يقدرون، بشكل خاص، الأعداد التامة مثل 6 و28، التي يساوي كل منها مجموع قواسمها (أي، 6 = 1+2+3). وكان الرقم 10 يحظى بتقدير أكبر وأطلقوا عليه اسم الرابوع المقدس، لأنه يساوي مجموع الأرقام الأربعة الكاملة الأولى. وعن طريق ترتيب نقاط بأشكال مختلفة، كانت تشكل أعداداً مثلثة (مثل 3، و 6، و 10)، وأعداداً مربعة (4، و 9، و16، إلخ.)، وهلمجرا. فكان العدد المربع 4 رمزاً للعدالة والتبادلية، وهو معنى يحتفظ بصدى ضعيف في تعابير "عدل" و "متعادلون." والتمثيل المثلثي للعدد 10، كان يعتبر رمزاً مقدساً، ويُحلَف به أثناء طقوس التلقين.

تعزز اعتقاد الفيثاغوريين بقدرة العِدادَة numerology باكتشاف فيثاغورث لدور العدد في الموسيقا. فقد اكتشف أنَ أطوال الأوتار التي تُصدِر نغمات مترابطة هرمونياً تتصل فيما بينها بعلاقات عددية. فالجواب، مثلاً، يقابل نسبة 1:2. وكلمتا "Rational، معقول" (Ratio-nal"، حصة– نسبة") مشتقة من المعنى العظيم للطريقة التنقيبية الذي أعطاه فيثاغورث للأرقام التي نحصل عليها كنسبة الأعداد الصحيحة، مثل $\frac{3}{4}$ أو $\frac{2}{3}$. وما يزال علماء الرياضيات، في الواقع، يشيرون إلى هذه الأرقام بوصفها منطقية Rational. ولهذا السبب، ارتبك الأغريقيون بعمق عندما اكتشفوا أن الجذر التربيعي للعدد 2 لا يمكن التعبير عنه بنسبة بين أعداد صحيحة. ما معنى هذا؟ لنتصور مربعاً قياسه من كل جانب متر واحد. عندئذ، ووفقاً لنظرية فيثاغورث، يكون الجذر التربيعي للرقم 2 هو طول القطر بالأمتار، أي $\frac{7}{5}$م تقريباً؛ والتقدير التقريبي الأفضل

هو $\frac{707}{500}$م. ولكن، ليس هناك، في الواقع، كسر دقيق يمكن أن يعبر عنه، مع ذلك، يُسمَح أن يكون البسط والمقام كبيرين. وما تزال الأعداد من هذا النوع توصف بالـــ "اللامنطقية[1] Irrational".

طبق الفيثاغوريون عِدادَتهم على علم الفلك. فقد ابتكروا منظومة الأغلفة الكروية التسع المتحدة المركز لنقل الأجرام السماوية المعروفة وهي تدور، وابتدعوا خرافة "الأرض المقابلة counterearth" لتركيب العدد الرابوع 10. ولُخِّصت العلاقة بين الإيقاع الموسيقي والإيقاع السماوي عن طريق التوكيد على أن الكواكب الفلكية تنشر موسيقا أثناء دورانها- موسيقا الكرات. وجيَّر أفلاطون الأفكار الفيثاغورية لمصلحته، عندما طور في *تيماوس*، إلى حد أبعد، النموذج الموسيقي والعددي للكون. فقد ثابر على تطبيق العِدادَة على العناصر الأغريقية- التراب، والهواء، والنار، والماء- واستكشاف المعنى الكوني للعديد من الأشكال الهندسية المنتظمة.

واليوم، تبدو لنا الخطط الفيثاغورية والأفلاطونية بدائية وغريبة، مع أنني أتلقى، بين حين وآخر، مخطوطات في البريد تحمل محاولات لتفسير خواص النوى الذرية، أو الجسيمات دون الذرية، على أساس العِدادَة الأغريقية القديمة. ومن الواضح أنها تحمل شيئاً من إغراء صوفي. ولكن الأهمية الرئيسة لهذه الأنظمة العِدادِية والهندسية ليست معقوليتها، بل حقيقة أنها تتعامل مع العالم الفيزيائي كمظهر لعلاقات رياضية متطابقة. وعاشت هذه الفكرة الجوهرية إلى عصر العلم. فعلى سبيل المثال، وصف كيبلر الإله على أنه اختصاصي بعلم الهندسة، وفي تحليله للنظام الشمسي تأثر بعمق بما كان يدركه على أنه مغزى صوفي للأعداد المعنية. وعلى الرغم من تجريد الفيزياء الرياضية الحديثة من معناها الصوفي الإضافي، فإنها واصلت، مع ذلك، احتفاظها بالافتراض الأغريقي القديم حول أن الكون منظم عقلانياً وفقاً لمبادىء رياضية.

---

(1) أو الصماء. المترجم.

عمل الكثير من الثقافات الأخرى على تطوير مشاريع العِدادَة فأثرت في العلم والفن. ففي الشرق الأدنى القديم، كان الرقم 1- الواحد- كثيراً ما يتطابق مع الإله الذي هو المحرك الأول. وحدد الآشوريون والبابليون أعداداً مقدسة للأهداف الفلكية: كانت الزهرة، مثلاً، تُمَيَّز بالرقم 15، والقمر بالرقم 30. وكان اليهود يعلقون أهمية خاصة على الرقم 40، الذي يتكرر كثيراً في الكتاب المقدس. ويقترن الشيطان بالرقم 666، وهو رقم يحتفظ اليوم ببعض القوة إذ بدل الرئيس رونالد ريغن عنوانه في كالفورنيا ليتفاداه، كما قال بعض الصحفيين. والحقيقة، هي إن الكتاب المقدس نسج العِدادَة عميقاً في قماشه، سواء في المحتوى أو في ترتيب النص. وأسست بعض الطوائف الدينية فيما بعد، كالغنوسطيين[1] والقَبَلانيين[2]، مجموعة من المعارف والتقاليد العِدادِية السرية المعقدة حول الكتاب المقدس. ولم تكن الكنيسة منيعة من تنظير كهذا. فقد شجع أوغسطين، بوجه خاص، الدراسة العِدادِية للكتاب المقدس كجزء من التربية المسيحية، واستمرت هذه الممارسة إلى أواخر القرون الوسطى. وفي عصرنا، تستمر ثقافات كثيرة في عزو قدرات خارقة إلى بعض الأعداد أو الأشكال الهندسية، وتشكل الطرق الروتينية الخاصة للعد جزءاً مهماً من الطقوس والسحر في كثير من أجزاء العالم. وفي مجتمعنا الغربي الشكوكي أيضاً، يتمسك الكثير من الناس بفكرة أعداد محظوظة أو مشؤومة، كالعددين 7 و 13.

هذه المضامين السحرية تحجب الأصول العملية للحساب والهندسة. فوضع النظريات الهندسية الأصولية عند قدماء الأغريق تلا ظهور المسطرة والبوصلة، وتقنيات معاينة خط البصر، التي استخدمت لأغراض الهندسة

---

(1) أتباع مذهب الغنوسطية أو العرفان: مذهب بعض المسيحيين الذين يعتقدون بأن المادة شر وأن الخلاص يأتي عن طريق المعرفة الروحية. المترجم.

(2) القبلانية: فلسفة دينية سرية عند أحبار اليهود وبعض نصارى العصر الوسيط تفسر الكتاب المقدس تفسيراً صوفياً. المترجم.

والبناء. ونشأ من هذه البدايات التقنية البسيطة نظام عظيم للتفكير. فقوة العدد وعلم الهندسة أثبتا وجودهما قسراً حتى أصبحا معه أساساً لرؤية عالم كامل، اتخذ فيه الإله بالذات دور اختصاصي كبير بعلم الهندسة-الصورة التي عبر عنها بحيوية كبيرة النقش الشهير **قديم الأيام** لوليم بلاك، وفيه يظهر الإله وهو ينحني من السماوات حاملاً فرجاراً لكي يقيس الكون.

يشير التاريخ إلى أن كل عصر يلجأ إلى تقنيته الأكثر تأثيراً كاستعارة للكون، أو حتى للإله. وهكذا، توقفوا في القرن السابع عشر عن النظر إلى الكون بلغة الإيقاع الموسيقي والهندسي الذي يشرف عليه اختصاصي في الهندسة، بل بطريقة مختلفة كلياً. وكان التحدي التقني البارز في ذلك الوقت يتمثل بتوفير وسيلة تقنية بارزة خصوصاً لمساعدة الأوروبيين في استعمار أمريكا. ولم يُظهِر تعيين خط العرض مشكلات للملاحين، لأنه يمكن قياسه مباشرة عن طريق ارتفاع نجم القطب فوق الأفق. ولكن خط الطول مسألة مختلفة، لأنه عندما تدور الأرض، فإن الأجسام السماوية تتحرك أيضاً عبر السماء. ولهذا، كان يجب أن يترافق قياس الموقع بقياس الزمن. فأصبح وجود ساعات دقيقة ضرورياً لعبور المحيط الأطلسي. وهكذا، بُذِلَت جهود كبيرة، بدافع سياسي ومادي، لتصميم ساعات بالغة الدقة لاستخدامها في البحار.

إن التركيز على إيجاد أداة دقيقة لقياس الوقت وجد مثيلاً نظرياً له في عمل غاليلة ونيوتن. فغاليلة استخدم الزمن كـ بارامتر لتثبيت قانونه المتعلق بسقوط الأجسام. ويعزى له أيضاً اكتشاف أن دورة البندول مستقلة عن سعة اهتزازه، وهي حقيقة قال إنها أُثْبِتَت في الكنيسة عن طريق قياس اهتزاز المشكاة بنبضها. وسلَّم نيوتن بالدور المركزي الذي يلعبه الزمن في قوانين الفيزياء، عندما أعلن في **مبادئه الأساسية** أن "الزمن المطلق، والحقيقي، والرياضي، يجري بذاته، ومن طبيعته الخاصة، باضطراد دون علاقة بأي شيء خارجي." وهكذا، كان الزمن، كالمسافة، معروفاً كسمة للكون الفيزيائي الذي يجب قياسه مبدئياً إلى دقة اختيارية.

والتعمق بدراسة دور فيض الزمن في الفيزياء، قاد نيوتن إلى تطوير نظريته الرياضية "الفيوض Fluxions والتي تعرف اليوم تحت اسم حساب التكامل والتفاضل calculus. والسمة المركزية في هذه الشكلية هي فكرة التغير المستمر. واتخذ نيوتن من هذا أساساً لنظريته في الميكانيكا، التي دُوِّنَت فيها قوانين حركة الأجسام المادية. وكان التطبيق الأكثر أهمية ونجاحاً لعلم الميكانيكا النيوتنية هو التطبيق على حركة الكواكب في النظام الشمسي. وهكذا، تم استبدال موسيقا الكرات بصورة كون ذي آلية ساعية. وبلغت هذه الصورة شكلها الأكثر تطوراً بعمل بيير لابلاس في أواخر القرن الثامن عشر، عندما تخيل كل ذرة في الكون كمُرَكَّبَة في الآلية الكونية الساعيّة الدقيقة إلى حد لا يخطيء. فأصبح الإله المهندس الإله صانع الساعات.

مكننة الرياضيات

ونَعِمَ عصرنا أيضاً بثورة تقنية باتت تطبع اليوم نظرتنا الكلية للعالم. وأقصد ظهور الحاسب، الذي أحدث تبدلاً عميقاً في الطريقة التي يفكر فيها العلماء وغير العلماء حول العالم. واليوم هناك، كما كانت عليه الحال في العصور القديمة، اقتراحات بأن تستخدم أحدث تقنية كاستعارة لتشغيل الكون بالذات. وهكذا، اقترح بعض العلماء أن نعتبر الطبيعة كـ عملية حسابية بصورة أساسية. واستبدلت موسيقا الكرات وكون الآلية الساعية لصالح الـ "حاسب الكوني،" مع اعتبـــار كامل الكون كجهاز جبار يعالج المعلومات. ووفقاً لهذه الرؤية، يمكن مماثلة قوانين الطبيعة ببرنامج الحاسب، ويصبح الكشف عن حوادث العالم خرجاً كونياً. والشروط الابتدائية عند منشأ الكون هي معطيات الدخل.

يسلِّم المؤرخون اليوم بأن المفهوم الحديث للحاســب يعود إلى العمل الرائد الذي أنجزه المخترع البريطاني الغريب الأطوار، تشارلز بابيج. وُلِد هذا العالم قرب لندن، عام 1791، لأب مصرفي غني وأسرة جاءت من

توتنس في ديفونشاير. ومنذ كان طفلاً، انصب اهتمامه على الأجهزة الميكانيكية. وكان يتعلم الرياضيات لنفسه من أي كتاب كان يصل إلى يده، ثم ذهـــب، عام 1810، إلـــى جامعة كمبريدج كطالب حاملاً معه مقاربته للموضوع الذي أصبح الآن راســخاً، ومتخماً بالخطط لتحدي تقليدية تعليم الرياضيـــــات في بريطانيا. أسس بابيج الجمعية التحليلية بالتعاون مع صديق حياته جون هيرشل، ابن الفلكي الشهير وليم هيرشل (الذي اكتشف كوكب أورانوس عام 1781). وكان التحليليون مفتونين إلى حد بعيد بقدرة العلم والهندسة في فرنسا، وشهدوا إدخال الرياضيات بشكلها الأوروبي إلى كمبريدج كخطوة أولى عن طريق الثورة التقنية والصناعية. واصطدمت الجمعية بالمؤسسة السياسية في كمبريدج، تلك المؤسسة التي اعتبرت بابيج ومجموعته كثوريين متطرفين.

وبعد أن غادر بابيج كمبريدج، تزوج واستقر في لندن، وعاش بوسائله الخاصة. واستمر إعجابه بالتفكير العلمي والرياضي الفرنسي، ربما نتيجة لتعرفه بأسرة بونابارت، وأسس الكثير من الاتصالات العلمية مع البر الأوروبي. اهتم، في هذه المرحلة، بتجريب الآلات الحاسبة، ونجح في تأمين تمويل حكومي لإنشاء ما أطلق عليه اسم **الآلة الفرقية**، وهي نمط من مكنة لجمع الأعداد. وكان الهدف من ذلك هو إنتاج جداول رياضية، وفلكية، وملاحية خالية من الخطأ الإنساني وبجهد أقل. عرض بابيج نموذجاً عملياً صغير الحجم للآلة الفرقية، ولكن الحكومة البريطانية أوقفت التمويل عام 1833، ولهذا، لم تكتمل الآلة بحجمها الكامل. فكان هذا أقدم الأمثلة على فشل الحكومة في التسليم بضرورة مساعدة البحث الطويل الأجل. (وأميل إلى القول إنه لم يتغير الكثير، فـــي بريطانيا على الأقـــل، منـــذ الثلاثينات). وبالنتيجة، تم إنتاج الآلة الفرقية في السويد، على أساس تصميم بابيج، ومن ثم ابتاعتها الحكومة البريطانية.

فكر بابيج، وهو الذي لم تثبطه حاجته إلى المساندة، بآلة حاسبة أكثر قدرة بكثير، حاسب متعدد الاستعمالات أطلق عليه تسمية الآلة التحليلية، والتي تعرف اليوم برائدة الحاسب الحديث في نظامه وبنائه الأساسي. فانفق كثيراً من ثروته الخاصة وهو يحاول إنشاء عدة نسخ مختلفة من تلك الآلة، ولكن أياً منها لم تكتمل.

كان قوي الشخصية، مولعاً بالنقاش والجدل، نبذه الكثير من معاصريه لأنهم كانوا يعتبرونه مهووساً. رغم ذلك، نُسِبَت إليه اختراعات، من بينها مقياس السرعة، ومنظار العين، وكانسة عقبات للقطارات، وعربة نقد معلقة للحوانيت، ومصباح ومضي مشفَّر للمنارات. وشملت اهتماماته العلوم السياسية، والاقتصادية، والفلسفية، والفلكية. وقاده تبصره في طبيعة العمليات الحسابية إلى الظن في أنه يمكن اعتبار الكون كنوع من حاسب، تمثل البرنامجَ فيه قوانينُ الطبيعة- تَفَكُّر متبصر، كما سنرى.

وعلى الرغم من غرابة أطواره، فقد اعتُرِف بمواهبه عندما انتُخِب إلى كرسي لوكاسيان للرياضيات في كامبريدج، وهو منصب شغله نيوتن يوماً. وكنبذة تاريخية، هاجر اثنان من أبناء بابيج إلى آدلايد في جنوب أستراليا، وفي غضون ذلك أعيد بناء الآلة الفرقية بالقياس الكامل في متحف العلوم في لندن. لقد جرى تركيبها وفقاً لتصميم بابيج الأصلي لإثبات أنه يمكن فعلاً أن تقوم بالعمليات الحسابية وفق الطلب. وفي عام 1991، أحيت حكومة جلالتها الذكرى المؤية الثانية لولادة بابيج (التي ترافقت، عرضاً، مع موت فاراداي وموتسارت) بإصدار طوابع بريدية خاصة.

بعد وفاة بابيج، عام 1871، نسي الناس عمله على نطاق واسع، ولم تتحرك هذه القصة قبل ثلاثينات هذا القرن، عندما حركها، من جديد، خيال رجل آخر إنكليزي غير عادي، هو آلان تورنغ. ويعزى إلى تورنغ وعالم الرياضيات الأمريكي جون فون نيومان وضع الأسس المنطقية للحاسب الحديث. فقد ركزا في عملهما على فكرة "الحاسب العام" أي آلة يمكنها إنجاز أي دالّة رياضية

يمكن حسابها. ولتوضيح أهمية الحساب computation العام، على المرء أن يعود إلى عام 1900، إلى الخطاب الشهير الذي ألقاه عالم الرياضيات ديفيد هيلبرت والذي عرض فيه ما اعتبره المسائل الرياضية الثلاث والعشرين البارزة الأكثر أهمية التي يجب معالجتها. وتتعلق واحدة منها بمسألة ما إذا كان يمكن اكتشاف نهج عام لإثبات النظريات الرياضية.

كان هيلبرت يدرك أن القرن التاسع عشر شهد بعض التطورات الرياضيـــة التي تبعث على القلق العميق، والتي بدا بعضها وكأنه يهدد قوام الرياضيات بكامله. ومن بين تلك المشكلات، مشكلات ارتبطت بمفهوم اللانهاية، والتناقضات المنطقية المختلفة للمرجع الذاتي self-reference الذي سنأتي على دراسته بعد قليل. واستجابة لهذه الشكوك، تحدى هيلبرت علماء الرياضيات لإيجاد نهج نظامي، بعدد محدود من الخطوات، لتقرير ما إذا كانت إفادة رياضية مفترضة صحيحة أو كاذبة. وكما يبدو، لم يكن أحد يشك يوماً في أن هذا النهج يجب إيجاده، مع أن تنظيمه كان مسألة أخرى فعلاً. وعلى الرغم من ذلك، يمكن للمرء أن يتخيل احتمال قيام شخص أو لجنة تختبر كل حدسية رياضية، على نحو أعمى، بتتبع سلسلة محددة من العمليات وصولاً إلى النهاية المرة. وسيكون الناس، في الواقع، لاعلاقيين، لأنه يمكن مكننة النهج، والمكنة التي تُصنَع لمتابعة سلسلة العمليات آلياً، تتوقف في النهاية لكي تطبع النتيجة- "صح" أو "خطأ،" كما تقتضيه الحال.

إن النظر إلى الرياضيات بهذه الطريقة يجعلها فرعاً شكلياً، وحتى لعبة، تهتم فقط بمعالجة الرموز وفقاً لبعض القواعد المحددة وتثبيت العلاقات التكرارية. ولا ضرورة أن تكون على صلة بالعالم الفيزيائي. فتعالوا نَرَ كيف يكون ذلك. عندما نقوم بإجراء عملية حسابية مثل: $(5 \times 8) - 6 = 34$، فإننا نتبع مجموعة بسيطة من القواعد للحصول على الجواب 34. وللحصول على الجواب الصحيح، لا نحتاج إلى فهم تلك القواعد، أو من أين جاءت.

وفي الواقع، لا نحتاج حتى إلى فهم ما تعنيه رموز مثل: 5 و ×. وما دمنا نميز بدقة الرموز ونلتزم بالقواعد، فإننا سوف نحصل على الجواب الصحيح. وحقيقة أنه يمكن استخدام حاسب جيب لتنفيذ الإجراء نيابة عنا يثبت أنه يمكن تنفيذه بشكل أعمى كلياً.

عندما يبدأ الأطفال بتعلم الحساب، يحتاجون إلى ربط الرموز بأشياء مادية في العالم الواقعي، وهكذا يبدؤون بربط الأرقام بالأصابع، أو حبات سبحة. ولكن، معظم الأطفال يشعرون، فيما بعد، بالسعادة لإجراء العمليات الرياضية بصورة مجردة تماماً، وحتى إلى حد استخدام **س** و **ص** بدلاً من الأعداد الواضحة. ويتعلم أولئك الذين يثابرون على الرياضيات المتقدمة عن نماذج أخرى من الأعداد (أعني، المركبة) والعمليات (أعني، ضرب المصفوفات)، التي تمتثل لقواعد غريبة لا تنطبق بوضوح على أي شيء مألوف في العالم الواقعي. وعلى الرغم من ذلك، يمكن للطلاب أن يتعلموا بسهولة معالجة الرموز المجردة التي تشير إلى أشياء وعمليات غير مألوفة، دون خوف مما تعنيه فعلاً، إذا كان لها ماتعنيه. وبهذا، تصبح الرياضيات أكثر فأكثر مسألة معالجة شكلية للرموز. وبدأت تظهر كما لو أنها لا شيء أكثر من معالجة رمزية، وهي وجهة نظر تعرف بـــ "الصورية."

على الرغم من معقوليته الظاهرية، فإن تفسير الصوريين للرياضيات تلقى ضربة قاسية في عام 1931. في تلك السنة، أثبت العالم في الرياضيات والمنطق كورت غوديل، من معهد برنستون، نظرية جارفة إلى درجة أنه لا يوجد إجراء منهجي يمكن به أن نقرر صحة أو خطأ الإفادات الرياضية الموجودة. كانت هذه نظرية لا سماحية بإفراط، لأنها قدمت برهاناً لايُدحَض على أن هناك شيئاً ما في الرياضيات مستحيل فعلاً، حتى من حيث المبدأ. وكانت حقيقة وجود **افتراضات** prpositions **لا يمكن الفصل فيها** في الرياضيات صدمة كبيرة، لأنها تقوض، كما يبدو، كامل الأسس المنطقية لهذا الموضوع.

تنبثق نظرية غوديل من مجموعة من التناقضات التي أحاطت بموضوع المرجع الذاتي. فلندرس كمقدمة بسيطة لهذا الموضوع الشائك الجملة المربكة: "هذه الإفادة كاذبة." فإذا كانت الإفادة صادقة، عندئذ تكون كاذبة؛ وإذا كانت كاذبة، عندئذٍ تكون صادقة. ويمكن بسهولة تركيب تناقضات المرجعية الذاتية هذه والخادعة إلى حد بعيد؛ فقد أربكت الناس طويلاً. وتأتي صياغة القرون الوسطى للأحجية نفسها كما يلي:

سقراط : "إن ما يوشك أفلاطون أن يقوله خاطىء."

أفلاطون : "صدق سقراط تماماً فيما قاله."

وقد أثبت عالم الرياضيات والفيلسوف الكبير برتراند راسل أن وجود هذه التناقضات يصطدم بصميم علم المنطق بالذات، ويقوض أي محاولة مباشرة لبناء الرياضيات بمتانة على أساس منطقي. ومضى غوديل في تكييف صعوبات المرجع الذاتي هذه مع موضوع الرياضيات بأسلوب رائع وغير عادي. فدرس العلاقة بين **وصف** الرياضيات والرياضيات نفسها. وعرض هذا في غاية البساطة، ولكنه يحتاج فعلاً إلى مناقشة طويلة ومعقدة جداً. ولتذوق ما يتضمنه هذا النهج، يمكن للمرء أن يتصور إدراج افتراضات رياضية في قائمة ويَسِمُها بـ 1، 2، 3. ... ويجمع سلسلة افتراضات إلى النظرية ثم يقابلها بجمع الأعداد الصحيحة التي تشكل سماتها. وبهذه الطريقة، يمكن جعل العمليات المنطقية حول الرياضيات تتوافق مع العمليات الرياضية نفسها. وهذا هو جوهر الصفة المرجعية الذاتية لبرهان غوديل. وعن طريق دمج الموضوع بالهدف-تطبيق وصف الرياضيات على الرياضيات- كشف الحلقة التناقضية عند راسل التي قادت مباشرة إلى حتمية افتراضات لا يمكن الفصل فيها. وعلق جون باراو على ذلك ساخراً بالقول إذا عرَّفنا الدين بحيث يكون نظاماً للتفكير يقتضي الإيمان بحقائق لا يمكن إثباتها، عندئذٍ، تكون الرياضيات هي الديانة الوحيدة التي يمكن أن تثبت أنها ديانة!

ويمكن توضيح الفكرة الرئيسة في أعماق نظرية غوديل بالاستعانة بقصة بسيطة. في بلد بعيد، توصلت مجموعة من علماء الرياضيات الذين لم يسمعوا أبداً بغوديل إلى قناعة بأن هناك فعلاً إجراء منهجياً للعمل بشكل ناجع على تقرير عصمة أو كذب كل افتراض ذي مغزى، وراحوا يقيمون الدليل على ذلك. كان يمكن أن يشغِّل جهازهم شخص، أو مجموعة من الناس، أو آلة، أو مجموعة من أي من هؤلاء. وما من أحد كان متأكداً تماماً مما اختاره علماء الرياضيات، لأنه كان موضوعاً في مبنى جامعي كبير شبيه بمعبد تقريباً، وكان الدخول ممنوعاً بالنسبة للجمهور العام. وعلى كل حال، أُطلِقَ على الجهاز اسم توم. ولاختبار قدرات توم، قدموا له كافة أنواع الإفادات المعقدة، المنطقية والرياضية، وبعد وقت مناسب من المعالجة، جاء الجواب متأخراً: صح، صح، خطأ، صح، خطأ ... ولم يمض وقت طويل قبل أن تنتشر شهرة توم في كل أنحاء العالم. جاء كثير من الناس لزيارة المختبر، وكانوا دائماً يتفننون في صياغة المشكلات الأكثر صعوبة في محاولة لإرباك توم. ولم يتمكن أحد من تحقيق تلك الغاية. وهكذا، تنامت ثقة علماء الرياضيات بعصمة توم إلى درجة أقنعوا معها الملك على تقديم جائزة لأي واحد يتمكن من إلحاق الهزيمة بالقدرات التحليلية الخارقة التي يتمتع بها توم. وفي أحد الأيام، وصل مسافر من بلد آخر إلى الجامعة يحمل مغلفاً، وطلب أن يتحدى توم من أجل الهدية. كان في داخل المغلف قطعة من الورق تحمل عبارة، مُعَدَّة لتوم. وببساطة، كانت الإفادة، التي يمكن أن نعطيها الاسم "S" بدلاً من "statement- إفادة " أو "S" بدلا من "stump- تحدي")، تُقرَأ كما يلي: "Tom cannot prove this statement to be true-لا يمكن لتوم أن يثبت أن هذه الإفادة صحيحة."

أعطيت S لتوم كما ينبغي. ولم تمض بضع ثوان حتى بدأ توم نوعاً من الاختلاج. وبعد نصف دقيقة، جاء خبير فني مسرعاً من المبنى ليقول إن توم توقف عن العمل بسبب مشكلات تقنية. فما الذي حدث؟ لنفترض أنه كان

يجب على توم أن يتوصل إلى استنتاج يفيد بأن S صحيحة. هذا يعني أن إفادة "لا يمكن لتوم أن يثبت أن هذه العبارة صحيحة" كانت ستكون كاذبة، وهذا ما كان توم سيقترفه تماماً. ولكن إذا كانت S كاذبة، فإن S لا يمكن أن تكون صحيحة. وبالتالي، إذا أجاب توم بـــ "صح" عن S، فإنه يكون قد توصل إلى استنتاج خاطيء، يناقض معصوميته المتسمة بالغرور. ولهذا السبب، لم يستطع توم أن يجيب بـــ "صح." وبالتالي، توصلنا إلى استنتاج يفيد بأن S فعلاً صحيحة. ولكن بتوصلنا إلى هذه النتيجة أثبتنا أن توم لا يمكنه أن يتوصل إليها. وهذا يعني أننا نعرف أن شيئاً ما صحيح في حين لا يمكن لتوم أن يثبت أنه صحيح. وهذا هو جوهر برهان غوديل: سيكون هناك دائماً بعض الإفادات الصحيحة التي لا يمكن إثبات صحتها. وكان المسافر يعرف هذا طبعاً، ولم يجد صعوبة في تركيب إفادة S ويطالب بالجائزة.

ولكن من المهم أن ندرك أن التحديد الذي تعرضه نظرية غوديل يتعلق بالمنهج البدهي للبرهان المنطقي بالذات، وليس صفة للإفادة التي يحاول المرء إثباتها (أو دحضها). ويمكن للمرء دائماً أن يضع صدق إفادة لا يمكن إثباته في نظام بدهي مفترض هو نفسه بدهي في نظام ما ممتد. ولكن عندئذ ستكون هناك إفادات أخرى لا يمكن إثباتها في هذا النظام الموسع، وهلمجرا.

كانت نظرية غوديل نكسة مدمرة لبرنامج الصوريين، مع ذلك، لم يتم التخلي كلياً عن فكرة إجراء ميكانيكي صرف لبحث الإفادات الرياضية. فربما تكون الافتراضات التي لا يمكن الفصل فيها مجرد مراوغات نادرة يمكن فصلها عن المنطق والرياضيات؟ فإذا أمكن اكتشاف طريقة لتصنيف الإفادات إلى إفادات يمكن الفصل فيها وأخرى لا يمكن الفصل فيها، عندئذٍ، يصبح من المعقول أن نقرر، بالنسبة للإفادات التي يمكن الفصل فيها، ما إذا كانت صحيحة أو كاذبة. ولكن، هل يمكن اكتشـــاف إجراء منهجي للتعرف، بشـــكل ناجع، على الافتراضات التي لا يمكن الفصل فيها ومن ثم التخلص منها؟ كان

ألونزو تشيرش، شريك فون نيومان في البحث في برينستون، قد بدأ بالتصدي لهذه المهمة في منتصف الثلاثينيات، وسرعان ما أثبت أيضاً أن هذا الهدف الأكثر تواضعاً لا يمكن تحقيقه، على الأقل، بعدد محدود من الخطوات. وبمعنى آخر، يمكن وضع إفادات رياضية تحتمل الصواب والخطأ، والمباشرة بإجراء منهجي للتحقق من صحتها أو عدم صحتها، ولكن هذا الإجراء لن ينتهي أبداً: لا يمكن أبداً معرفة النتيجة.

ما لا يقبل الحساب

انكب على المشكلة أيضاً ألان تورنغ، بصورة مستقلة تماماً ومن موقف مختلف كلياً، وكان ما يزال طالباً صغيراً في كمبريدج. وكان المختصون بالرياضيات كثيراً ما يتحدثون عن إجراء "تحويل يدوي" أو إجراء "آلي" لحل المسائل الرياضية. وافتتن تورنغ بإمكانية تصميم آلة حقيقية يمكنها إنجاز تلك الوظيفة. عندئذٍ، يمكن لآلة كهذه أن تقرر صحة الإفادات الرياضية آلياً، دون مداخلة بشرية، وذلك عن طريق التقيد الدقيق بسلسلة محددة من التعليمات. ولكن، كيف يجب أن يكون تركيب هذه الآلة؟ وكيف ستعمل؟ كان تورنغ يتصور شيئاً ما شبيهاً بآلة كاتبة، يمكنه أن يضع رموزاً على صفحة، ولكنه يتمتع بصفة إضافية هي قدرته على قراءة، أو تفرُّس رموز أخرى معلومة، ومسحها عند الضرورة. واستقر على فكرة شريط بطول غير محدود، مقسم إلى مربعات، في كل منها رمز واحد. ستعمل الآلة على تحريك الشريط مربعاً واحداً في كل مرة، وتقرأ الرمز، وبعدئذٍ، إما أن تبقى في الحالة نفسها ، أو تنتقل إلى حالة جديدة، اعتماداً على ما تقرؤه. وفي كل حالة، ستكون استجابتها آلية تماماً، ومحددة بتركيب الآلة. والآلة إما أن تترك الرمز وحيداً، أو تمحوه وتطبع رمزاً آخر، ثم تحرك الشريط مربعاً واحداً ثم تتابع.

آلة تورنغ، من حيث المبدأ، هي، ببساطة، جهاز لتحويل سلسلة من الرموز إلى سلسلة أخرى وفقاً لمجموعة مقررة مسبقاً من القواعد. ويمكن،

عند الضرورة، تسجيل هذه القواعد في جدول، وتتم قراءة سلوك الآلة في كل خطوة من الجدول. لم تكن هناك حاجة لتركيب آلة من شريط ورقي أو معدني أو من أي شيء لتوضيح قدراتها. فمن السهل، مثلاً، تنظيم جدول مماثل لآلة جمع. ولكن تورنغ كان مهتماً بأهداف أكثر طموحاً. فهل يمكن لآلته أن تعالج برنامج هلبرت لمكننة الرياضيات؟

وكما قلت ســـابقاً، إن حل المسائل الرياضية يتم باتباع إجراء آلي يُلَقَّن بسهولة إلى أطفال المدارس. فتحويل كسر عادي إلى كسر عشري والحصول على جذر تربيعي شيء محبب لدى الأطفال، وأية مجموعة محدودة من المعالجات التي تقود إلى جواب–لنقل، على شكل عدد (ليس عدداً صحيحاً بالضرورة)– يمكن بوضوح معالجتها بآلة تورنغ. ولكن ماذا عن الإجراءات الطويلة إلى مالا نهاية؟ فعلى سبيل المثال، إن الامتداد العشري لــ π لا ينتهي ويبدو عشوائياً. مع ذلك، يمكن حساب π بالنسبة لأي عدد مرغوب للمنازل العشرية باتباع قاعدة بسيطة محدودة. وقد أطلق تورنغ تسمية "قابل للحساب" على العدد إذا كان يمكن، باستخدام مجموعة محدودة من التعليمات، توليده بهذه الطريقة إلى دقة غير محدودة، حتى وإن جاء الجواب طويلاً إلى ما لا نهاية.

تخيل تورنغ قائمة من كل الأعداد القابلة للحساب. وبالطبع، يجب أن تكون القائمة ذاتها طويلة إلى ما لا نهاية، وقد يبدو، لأول وهلة، وكأن كل عدد يمكن تصوره موجوداً في مكان ما فيها. ولكن المسألة ليست كذلك. فكان تورنغ قادراً على أن يثبت أن قائمة كهذه يمكن أن تستخدم للكشف عن وجود أعداد أخرى ربما لا تكون موجودة في أي مكان من القائمة. وبما أن القائمة تتضمن كل الأعداد القابلة للحساب، فإن هذا يستتبع أن تكون هذه الأعداد الجديدة غير قابلة للحساب. فماذا يعني عدد لا يقبل الحساب؟ يبدو من تعريفه، أنه عدد لا يمكن توليده عن طريق إجراء آلي محدد بشكل متناه، حتى ولو بتنفيذ عدد لا متناه من الخطوات. وأظهر تورنغ أنه يمكن استخدام قائمة بأعداد قابلة للحساب لتوليد أعداد لا تقبل الحساب.

هنا يكمن جوهر حجته. لنتصور أننا نتعامل مع أسماء بدلاً من الأرقام. ولنتأمل قائمة تضم أسماء مؤلفة من ستة أحرف:

Sayers, Atkins, Piquet, Mather, Belamy, Panoff. ولنقم الآن بالإجراء البسيط التالي: لنأخذ أول حرف من أول اسم ولنقدمه أبجدياً مكاناً واحداً. فنحصل على الحرف "T." ولنفعل الشيء نفسه بالحرف الثاني من الاسم الثاني، والحرف الثالث من الاسم الثالث، وهلمجرا. فنحصل بالنتيجة على كلمة "Turing". يمكننا أن نتأكد تماماً أن الاسم Turing لم يكن موجوداً في القائمة الأصلية، لأنه مختلف عن كل اسم فيها، على الأقل، بحرف واحد. وحتى لو لم نر القائمة الأصلية، فإننا سنعرف أن الاسم Turing لا يمكن أن يكون موجوداً فيها. وإذا عدنا إلى حالة الأعداد القابلة للحساب، فإن تورنغ استخدم حجة مماثلة بإجراء تغيير واحد في كل عدد ليُثبت وجود أعداد غير قابلة للحساب. احتوت قائمة تورنغ، طبعاً، عدداً لا متناهياً من أعداد طويلة إلى حد لا متناه بدلاً من ست كلمات كل منها مؤلف من ستة أحرف، ولكن جوهر الحجة بقي قائماً.

إن وجود الأعداد التي لا تقبل الحساب يوحي حالاً بأنه يجب أن يكون هناك افتراضات رياضية لا يمكن الفصل فيها. ولنتصور قائمة لا متناهية من الأعداد القابلة للحساب. كل عدد يمكن توليده بواسطة آلة تورنغ. يمكن إنشاء آلة واحدة لحساب جذر تربيعي، وأخرى لحساب لوغاريتم، وهلمجرا. وكما رأينا تواً، إن هذا الإجراء لا يمكن أن ينتج كل الأرقام، حتى بوجود عدد لا نهائي من هذه الآلات، بسبب وجود أعداد لا تقبل الحساب، لا يمكن توليدها آلياً. وحدد تورنغ أنه لا ضرورة، في الواقع، إلى عدد لا نهائي من آلاته لتوليد هذه القائمة. واحدة فقط ضرورية. وأثبت أنه كان يمكن بناء آلة تورنغ عامة، يمكنها أن تحاكي كافة آلات تورنغ الأخرى. والسبب بسيط لإمكانية وجود آلة عامة كهذه. يمكن تحديد أية آلة بتقديم إجراء منهجي لإنشائها: آلات غسل، آلات خياطة، آلات جمع، آلات تورنغ. وحقيقة أن آلة تورنغ هي نفسها

آلة للقيام بإجراء هو النقطة الرئيسة. وبناء على هذا، يمكن بناء آلة تورنغ العامة أولاً، لقراءة مواصفات أية آلة مفترضة لتورينغ، وثانياً، لإعادة بناء منطقها الذاتي، وثالثاً، لإنجاز مهمتها. من الواضح إذن، أن هناك إمكانية لوجود آلة متعددة الاستعمالات يمكنها إنجاز كافة الواجبات الرياضية. وعندئذ، لن نحتاج إلى آلة للجمع، وآلة للضرب، وهلمجرا. لأن آلة واحدة يمكنها أن تقوم بكل ذلك. كان هذا كامناً في اقتراح تشارلز بابيج بخصوص آلته التحليلية، ولكن اقتراحه انتظر ما يقرب من قرن، انتظر عبقرية ألان تورنغ، ومتطلبات الحرب العالمية الثانية بخصوص مفهوم الحاسب الحديث.

إنه لمن المدهش، كما يبدو، أن تكون آلة، يمكنها ببساطة أن تقرأ، وتكتب، وتمحو، وتتحرك، وتتوقف، قادرة على تحري كافة الإجراءات الرياضية، بصرف النظر عن مدى تعقيدها أو تجريدها. ومع ذلك، يؤمن معظم العلماء بهذا الادعاء، الذي يعرف بفرضية تشيرش-تورنغ. هذا يعني أن أي مسألة رياضية نحن بصددها لا يمكن حلها، إذا لم تتمكن آلة تورنغ من حلها. تنطوي فرضية تشيرش- تورنغ على مضمون هام هو أن استخدام التركيب المفصل للحاسب، مهما كان، ليس مهماً. فطالما كان له التركيب المنطقي الأساسي نفسه كآلة تورنغ العامة، فإن النتائج ستكون هي نفسها. وبمعنى آخر، يمكن لأجهزة الحاسب أن تماثل بعضها بعضاً. واليوم، أصبح من المحتمل أن يشتمل الحاسب الإلكتروني على معدات تحرير على الشاشة، وطابعة، وراسمة بيانية، ومخزن أقراص، وأجهزة أخرى معقدة، ولكن تركيبه الأساسي هو من تركيب آلة تورنغ العامة.

عندما كان تورنغ يقوم بإجراء تحليله في منتصف الثلاثينات، فإن كل هذه التطبيقات العملية المهمة ادخرت للمستقبل. فقد اهتم مباشرة ببرنامج هلبرت لمكننة الرياضيات. وتتصل بهذا مباشرة مشكلة الأعداد القابلة وغير القابلة للحساب. فلندرس القائمة (اللامتناهية) للأعداد القابلة للحساب، التي تولّد كلاً منها آلة تورنغ! ولنتصور آلة تورنغ العامة المخصصة لمهمة تنظيم

هذه القائمة على مسؤوليتها عن طريق محاكاة كافة آلات تورنغ على التوالي. الخطوة الأولى هي قراءة تفاصيل بناء كل آلة. هنا، تُطرَح مباشرة مسألة: هل يمكن لآلة تورنغ العامة أن تعرف من تلك التفاصيل، قبل إنجاز العملية الحسابية، وما إذا كان يمكن فعلاً حساب العدد، أو ما إذا كانت العملية الحسابية قد علقت في مكان ما؟ ونعني بـــ علقت هنا أنها احتُبِلَت في أنشوطة ما حسابية، الأمر الذي يسبب الفشل في طبع أية أرقام. وتُعرَف هذه الحالة بـــ "مشكلة التوقف"- سواء كانت المعرفة المسبقة ممكنة، عن طريق تفحص تفاصيل الإجراء الحسابي، أو ما إذا كان ذلك الإجراء سيحوسب كل رقم لعدد ما ثم يتوقف، أو ما إذا كان سيُحتبَل في أنشوطة ولا يتوقف أبداً.

بيَّن تورنغ أن الجواب على مشكلة التوقف هو قطعاً لا. فعل هذا مستخدماً حجة بارعة. طلب أن نفترض أن الآلة العامة يمكن أن تحل مشكلة التوقف. فما الذي سيحدث بعدئذٍ إذا حاولت الآلة العامة محاكاة نفسها؟ هنا، نعود إلى مشكلات المرجعية الذاتية. وكما يمكن للمرء أن يتوقع، تكون النتيجة حجز حسابي. تدخل فيه الآلة في أنشوطة لا نهائية، تطارد نفسها في لا مكان. وهكذا، وصل تورنغ إلى تناقض غريب: الآلة التي يُفترَض فيها أن تفحص مقدماً ما إذا كان الإجراء الحسابي سيُحتبَل في أنشوطة ما، احتُبِلَت هي بالذات في أنشوطة! عرض تورنغ شكلاً مختلفاً لنظرية غوديل حول افتراضات لا يمكن الفصل فيها. في هذه الحالة، يتعلق عدم القدرة على الفصل بالافتراضات ذاتها التي لا يمكن الفصل فيها: ليس هناك طريقة منهجية لتقرير ما إذا كان افتراض معلوم قابلاً أو غير قابل للفصل فيه. هاهو إذن مَثَلٌ مضادٌ لحدس هيلبرت حول مكننة الرياضيات: نظرية لا يمكن إثباتها أو دحضها عن طريق إجراءٍ منهجي عام. وقد قام دوغلاس هوفشتيتر بتلخيص الطبيعة العميقة لنتيجة تورنغ بيانياً: "تنتشر الافتراضات التي لا يمكن الفصل فيها في الرياضيات كما تتقاطع بكثافة خيوط غضروف في شريحة لحم إلى حد لا يمكن معه فصل تلك الخيوط دون تخريب الشريحة."

لماذا ينجح الحساب؟

دأبوا على تفسير نتائج تورنغ بحيث تكشف لنا شيئاً حول الرياضيات والمنطق، ولكن تلك النتائج تعرّفنا أيضاً بشيء ما حول العالم الواقعي. مع ذلك، يقوم مفهوم آلة تورنغ على أساس فهمنا الحدسي لما هي تلك الآلة. وتنجز الآلات الحقيقية ما تنجزه فقط لأن قوانين الفيزياء تتيح لها ذلك. ومؤخراً، زعم ديفيد دويتش، العالم الأوكسفوردي في الفيزياء والرياضيات، أن القابلية الحاسوبية هي، في الواقع، خاصية **تجريبية**، يعني أنها تعتمد على الطريقة التي وُجِدَ فيها العالم أكثر من اعتمادها على حقيقة ما منطقية ضرورية. ويكتب دويتش، "السبب الذي يجعلنا نؤمن بإمكانية تركيب حواسب الكترونية، وأن نقوم، حقاً، بإنجاز حساب ذهني، لا يمكن أن نجده في الرياضيات والمنطق. والسبب هو أن قوانين الفيزياء 'يصدف' أن تسمح بوجود نماذج فيزيائية لعملية حسابية كالجمع، والطرح والضرب. وإذا لم تكن كذلك، فإن هذه العمليات المألوفة ستكون دالاّت Functions غير قابلة للحساب.

لاشك في أن حدس دويتش لافت للنظر. فعمليات حسابية كالعدّ تبدو أساسية جداً بالنسبة لطبيعة الأشياء حتى أنه يبدو من الصعب إدراك عالم لا يمكن أن تحدث فيه. فما سبب هذا؟ يمكن أن يكون الجواب، كما أظن، على علاقة بتاريخ الرياضيات وطبيعتها. فالحساب البسيط بدأ بمسائل دنيوية عملية جداً، كالمثابرة على تعقب أثر الأغنام والعلم الأساسي للمحاسبة. ولكن العمليات الأولية للجمع، والطرح، والضرب قدحت نمواً انفجارياً في الأفكار الرياضية التي أصبحت، في نهاية الأمر، معقدة جداً حتى أن الناس فقدوا الاتصال بالأصول العملية البسيطة للموضوع. وبمعنى آخر، اتخذت الرياضيات حياة ووجوداً خاصين بها. وقد أكد بعض الفلاسفة في عصر أفلاطون أن للرياضيات وجودها الخاص بها. ونحن كذلك، تعودنا على إجراء الحساب البسيط الذي يسهل الظن بأن إجراءه لا بد أن يكون ممكناً. ولكن إمكانية إجرائه، في الواقع،

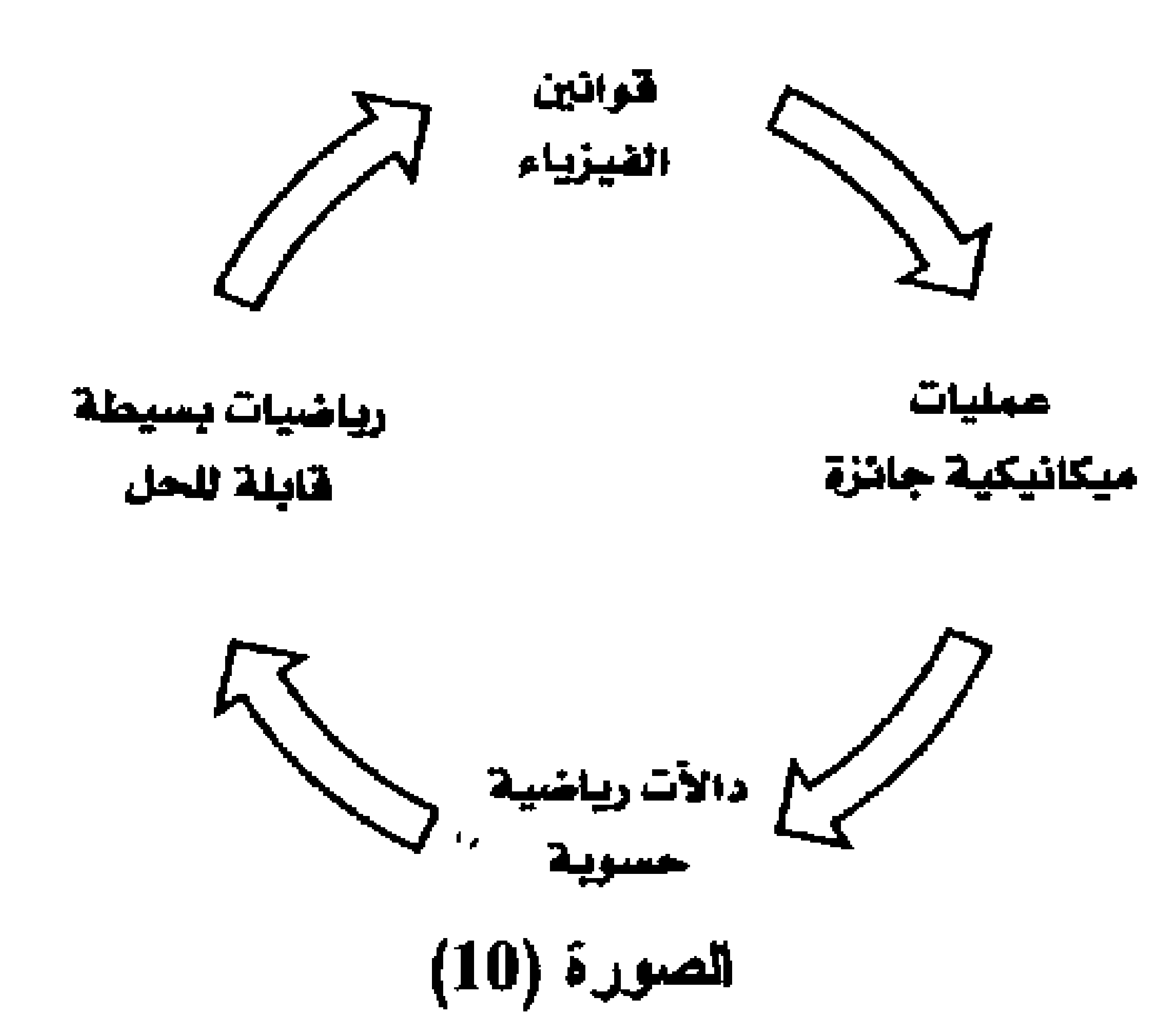
تعتمد، بصورة أساسية، على طبيعة العالم الفيزيائي. فعلى سبيل المثال، هل كنا نفهم العدَّ لولا وجود أهداف كالنقود والغنم؟

يرفض عالِم الرياضيات ر. و. هامينغ التسليم جدلاً بإمكانية إجراء الحساب، لأنه يجد ذلك غريباً ويتعذر تفسيره في آن معاً. ويكتب: "حاولت، ولكن بقليل من النجاح، أن أجعل بعض أصدقائي يفهمون دهشتي من أن استخراج الأعداد الصحيحة للحساب ممكن ومفيد في وقت واحد. ألا تلفت نظرنا العمليتان التاليتان: 6 نعجات + 7 نعجات = 13 نعجة وأن 6 أحجار + 7 أحجار = 13 حجراً؟ ألا يعتبر معجزة إنشاء الكون بطريقة جعلت التجريد البسيط لعدد ما ممكناً؟"

وحقيقة أن العالم الفيزيائي يعكس الخواص الحسابية لعلم الحساب تنطوي على مضمون عميق. فهي تعني، بمعنى ما، أن العالم الفيزيائي هو حاسب، كما خمَّن بابيج. أو، بمعنى أوضح، إن الحواسب لا تحاكي بعضها بعضاً فقط، ولكن يمكن أيضاً أن تحاكي العالم الفيزيائي. ولا شك في أننا نعرف تماماً طريقة استخدام الحواسب لصياغة منظومات فيزيائية؛ وتلك هي، في الواقع، فائدتها الكبيرة. ولكن هذه القدرة تعتمد على خاصية عميقة ودقيقة للعالم. فمن الواضح أن هناك، من ناحية، توافقاً حاسماً بين قوانين الفيزياء وقابلية حساب الدالات الرياضية التي تصف تلك القوانين نفسها، من ناحية أخرى. وعلى كل حال، هذه مسألة بديهية. فقوانين الفيزياء بطبيعتها تتيح إمكانية حساب عمليات رياضية معينة-كالجمع والضرب. ونجد أن بين العمليات القابلة للحساب بعض العمليات التي تصف (على الأقل، بشيء من الدقة) قوانين الفيزياء. وقد رمزت إلى هذه الحلقة المتساوقة الأجزاء في الصورة 10.

فهل هذا التوافق الذاتي الحلقيَ مجرد صدفة، أم أن تناغماً كهذا يجب أن يكون هو الحالة؟ هل يشير إلى ترجيع صدوي أعمق بين الرياضيات والواقع؟ لنتصور عالماً كانت فيه قوانين الفيزياء مختلفة تماماً، ربما مختلفة جداً إلى حد لم تكن موجودة معه الأشياء المنفصلة. فبعض العمليات الحسابية التي يمكن

حسابها في عالمنا لن تكون كذلك في ذلك العالم، والعكس بالعكس. وقد يكون مكافىء آلات تورنغ موجوداً في ذلك العالم الآخر، ولكن تركيبها وعملها سيكونان مختلفين تماماً إلى حد يستحيل عليها معه أن تنجز عملية حسابية أساسية، مع أنها قد تكون قادرة على إنجاز حسابات في ذلك العالم الذي لا يمكن أبداً للحواسب في عالمنا أن تنجزه (كحل نظرية فرمات الأخيرة؟).



الصورة (10)

يمكن لقوانين الفيزياء والرياضيات القابلة للحساب أن تشكل دورة وجود فريدة ومغلقة

هنا، تطرح نفسها بعض الأسئلة المهمة: هل يمكن تفسير قوانين الفيزياء في هذا العالم الافتراضي البديل بلغة العمليات القابلة للحساب لذلك العالم؟ أم أن التوافق الذاتي يكون ممكناً فقط في طراز محدود من العوالم؟ ربما في عالمنا وحده؟ إضافة إلى ذلك، هل يمكننا أن نتأكد من أن كافة مظاهر عالمنا يمكن تفسيرها بلغة العمليات القابلة للحساب؟ أيمكن ألا تكون هناك عمليات فيزيائية لا يمكن لآلة تورنغ أن تحاكيها؟ وسندرس في الفصل التالي، هذه الأسئلة الآسرة، التي تسبر الصلة بين الرياضيات والواقع الفيزيائي.

الدمى الروسية والحياة الاصطناعية

تنطوي حقيقة أنه يمكن للحواسب العامة أن تحاكي بعضها بعضاً على بعض المضامين المهمة. على الصعيد العملي، يعني أنه يمكن لحاسوب IBM PC متواضع، إذا تمت برمجته بشكل مناسب وتزويده بذاكرة كافية، أن يحاكي حاسب

كراي الجبار بقدر ما يتعلق الأمر بالخرج (لا بالسرعة). فأي شيء يمكن لكراي أن يفعله، يمكن لــ PC أن يفعله أيضاً. والواقع هو أنه لا ضرورة إلى أن يكون الحاسب العام معقداً كالحاسب IBM PC. ويمكن أن يتألف من مجرد رقعة داما مزودة بأحجار! كان أول من درس هذا النظام عالما الرياضيات: شتانسلاف أولم و جون فون نيومان في الخمسينات كمثال لما سمي بـــ "نظرية الألعاب".

كان أولم وفون نيومان يعملان في المختبر الوطني في لوس ألاموس، حيث كان يجري العمل بمشروع القنبلة الذرية في مانهاتن. وكان أولم يحب أن يلعب ألعاباً على الحواسب، وكانت ما تزال حديثة في ذلك الوقت. كانت هناك لعبة تتضمن أنماطاً يتبدل فيها الشكل وفقاً لقواعد معينة. فلنتصور، مثلاً، رقعة داما وقد صُفّت أحجارها وفقاً لتنظيم ما. هنا يمكن لأحدنا أن يدرس قواعد محددة حول طريقة لإعادة تنظيم النمط. وإليكم المثال التالي: كل مربع على الرقعة تجاوره ثمانية مربعات (بما فيها مربعات الجوار القطرية). تبقى حالة أي مربع معلوم ثابتة (أعني، مع أو دون أحجار) إذا انشغل مربعان مجاوران تحديداً بحجرين. فإذا كان لمربع مشغول ثلاثة جيران مشغولة، فإنه يبقى مشغولاً. وفي كل الحالات الأخرى، يصبح المربع فارغاً، أو يبقى فارغاً. نختار توزيعاً أولياً للأحجار، ونطبق القاعدة على كل مربع على الرقعة. فنحصل بذلك على نمط مختلف قليلاً عن النمط الأولي. ثم نطبق القاعدة من جديد، فتحدث تغييرات إضافية. وبعدئذٍ نكرر القاعدة مراراً، ونلاحظ تحول النمط.

جون كونواي هو الذي ابتكر القواعد التي تحدثنا عنها آنفاً في عام 1970، وسرعان ماأجفلته وفرة البنى الناتجة. كانت الأنماط تظهر وتختفي، تتطور، تتنقل، تتشظى، تندمج. واعترى كونواي الذهول لمحاكاة هذه الأنماط للأشكال الحية، حتى أنه أطلق على لعبته تسمية "حياة". وسرعان ما أدمن اللعبة هواة الحاسب في أنحاء العالم. ولم يحتاجوا إلى استخدام رقعات حقيقية لمتابعة تقدم الأنماط. لأن الحصول على حاسب لعرض الأنماط مباشرة على شاشته مع عنصر صورة (نقطة ضوئية) تمثل الحجر هو إجراء أقل مشقة. وهناك وصف

للموضوع سهلة قراءته ويبعث على البهجة أورده وليم باوندستون في كتابه **الكون المعاود**. في الكتاب ملحق يقدم برنامجاً لأي واحد يريد أن يلهو بلعبة **(الحياة)** على حاسبه الخاص. وقد يهتم مقتنو الحواسب من نوع Amstrad PCW 8256، وهي الآلة التي تم عليها طبع هذا الكتاب، بمعرفة أن لعبة (الحياة) مبرمجة في آلة ويمكن الدخول إليها ببضعة أوامر بسيطة.

يمكن للمرء أن يعتبر الحيِّز الذي تشغله أنماط النقط ككون نموذجي، مع استبدال قواعد كونواي بقوانين الفيزياء، وتقدم الزمن بمراحل منفصلة. كل شيء يحدث في عالم (الحياة) حتمي تماماً: النمط في كل طور يحدده تماماً النمط في الطور السابق. وهكذا، يحدد النمطُ الأولي كلَّ شيء آت، **إلى مالا نهاية**. ويشبه عالم (الحياة)، في هذا الجانب، عالم الآلية الساعية عند نيوتن. والحقيقة هي أن هذه الألعاب، بسبب صفتها الميكانيكية، اكتسبت اسم "الجهاز الخليوي الآلي التشغيل،" لكون الخلايا هي المربعات أو عناصر الصور Pixels.

ومن بين العدد اللامتناهي لأشكال (الحياة)، هناك ما يحتفظ بهويته أثناء حركته. وهي تتضمن الطائرات الشراعية المعروفة، التي تتألف من خمس نقاط، و"السفن الفضائية" الأكبر المتنوعة. والاصطدامات بين هذه الأهداف يمكن أن تنتج كافة أنواع الهياكل والحطام، اعتماداً على التفاصيل. فالطائرات الشراعية يمكن تكوينها بـــ "المدفع المنزلق،" الذي يقذفها على فواصل زمنية منتظمة على شكل دفق. ومن الممتع أنه يمكن صنع المدافع المنزلقة من ثلاثة عشر اصطداماً منزلقاً، بحيث تولِّد الطائراتُ الشراعية طائراتٍ شراعية. والأهداف الأخرى هي "العوائق،" وهي مربعات ثابتة مؤلفة من أربع نقاط تميل إلى تدمير الأهداف التي تصطدم بها. ثم هناك "الأَكَلَةُ" الأكثر تدميراً، التي تحطم وتبيد الأهداف العابرة، وبعدئذ، تقوم بتصحيح العطب الذي أصابها نتيجة للصدام. واكتشف كونواي وزملاؤه أنماطاً للعبة (الحياة) غنية ومعقدة إلى حد هائل، عن طريق الصدفة أحياناً،

وأحياناً باستخدام قدر كبير من المهارة ونفاذ البصيرة. يتطلب بعض أنواع السلوك الأكثر تشويقاً وضع ألحان راقصة دقيقة لعدد كبير من الأهداف المُركَّبَة، وتتضح فقط بعد آلاف المراحل الزمنية. ونحتاج إلى حواسب فعالة جداً لدراسة القاموس الأكثر تقدماً في نشاط (الحياة).

واضح أن عالم (الحياة) هو مجرد ظل باهت للواقع، للطبيعة التي تشبه الحياة الواقعية لسكانه الأكثر بساطة الذين يشكلون مجرد صورة كاريكاتورية للأحياء على أرض الواقع. ومع أن (الحياة) دفينة داخل تركيبها المنطقي، فإنها تتمتع بقدرة على إحداث تعقيد غير محدود، معقد، من حيث المبدأ، كتعقيد المتعضيات البيولوجية الطبيعية. والحقيقة هي أن اهتمام فون نيومان الأساسي بالأجهزة الخليوية الذاتية التشغيل، كان يتركز بقوة على سر المتعضيات الحية. وكانت تجذبه فكرة التعرف على ما إذا كان يمكن، من حيث المبدأ، بناء آلة يمكنها أن تنتج نفسها، وإذا كان ذلك ممكناً، فكيف يمكن أن يكون تركيبها ونظامها. وإذا كانت هذه الآلة، آلة فون نيومان، ممكنة، عندئذٍ سيكون ممكناً فهم المبادىء التي تمكِّن المتعضيات البيولوجية من إعادة توليد ذاتها.

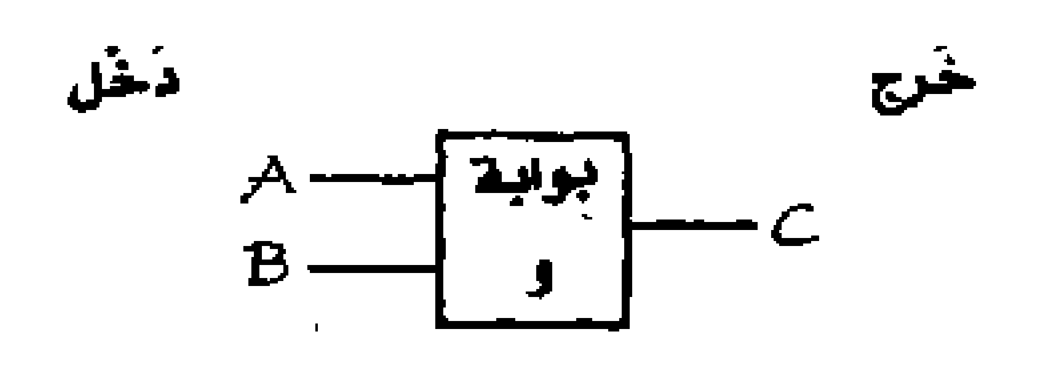
إن مفهوم "الباني العام" الذي اعتمد عليه فون نيومان في تحليله يشبه الحاسب العام. والحاسب العام هذا سيكون آلة يمكن برمجتها لتكوين أي شيء، بالطريقة نفسها التي يمكن فيها برمجة آلة تورنغ لإنجاز أي عملية رياضية قابلة للحساب. فقد قام فون نيومان بدراسة ما يحدث إذا تمت برمجة الباني العام بحيث يصنع نفسه. و لكي تكون الآلة مؤهلة لتوليد نفسها يجب، طبعاً، ألا تكتفي فقط بتوليد نسخة لنفسها، بل أيضاً نسخة لطريقتها في توليد ذاتها؛ وإلا لجاءت الآلة البنت "عقيمة." من الواضح أن هذا ينطوي على خطر تراجع لا حدود له، ولكن فون نيومان اكتشف مناورة ذكية. فالباني العام يجب أن يكون معززاً بآلية تحكم. وعندما ينتج نسخة لنفسه (إضافة إلى آلية تحكم احتياطية، طبعاً)، فإن آلية التحكم تغير البرنامج وتعالجه كمجرد قطعة أخرى من "العتاد." وتصنع آلة فون نيومان في حينه نسخة للبرنامج،

وتُدخِلُها إلى الآلة الجديدة، التي تكون عندئذٍ نسخة أمينة للوالد ومستعدة للبدء بتوجيه برنامجها الخاص لتوليد الذات.

كان فون نيومان، أصلاً، يفكر بآلة "صمولات وأرتِجَة حقيقية،" ولكن أولم أقنعه بدراسة الإمكانيات الميكانيكية للأجهزة الخليوية الذاتية التشغيل، والبحث عن وجود أنماط التوليد الذاتي. وعندئذٍ، قد تكون "آلة" فون نيومان مجرد نقاط من الضوء على شاشة، أو أحجار داما على رقعة. هذا لا يهم: البناء المنطقي والتنظيمي هو المهم، لا الوسيلة الفعلية. وبعد قدر من العمل، أصبح بإمكان فون نيومان وزملائه أن يبرهنوا على أن توليد الذات ممكن، في الواقع، بالنسبة للأجهزة التي تتجاوز عتبة معينة من التعقيد. وللقيام بهذا نحتاج إلى دراسة جهاز خليوي آلي التشغيل وفقاً لقواعد أكثر تعقيداً بكثير من قواعد لعبة الحياة. وبدلاً من السماح لكل خلية أن تكون فقط في حالة واحدة من حالتين- فارغة أو مشغولة- فإن جهاز فون نيومان الآلي التشغيل لم يسمح بأقل من تسع وعشرين حالة بديلة. ولم يكن هناك أبداً أي أمل، عملياً، ببناء نمط من جهاز آلي التشغيل منتج لذاته- يجب أن يشغل الباني العام، وآلية التحكم، والذاكرة ما لا يقل عن مئتي ألف خلية- ولكن النقطة المهمة هي أنه، من حيث المبدأ، يمكن لجهاز ميكانيكي صرف أن يولِّد نفسه. وبعد اكتمال هذا البحث بوقت قصير ازدهر علم الأحياء الجزيئي، باكتشاف تركيب الحلزون المزدوج للدِّنا DNA، وحل راموز الجينات، وتوضيح نظام النسخ الجزيئي. وسرعان ما تم التسليم بأن الطبيعة تستخدم المبادىء المنطقية نفسها التي اكتشفها فون نيومان. وقد تعرَّف علماء الأحياء، في الواقع، على الجزيئات الحقيقية داخل الخلايا الحية المماثلة لمُركَّبات آلة فون نيومان.

كان كونواي قادراً على إثبات أن لعبته "الحياة" قادرة أيضاً على إتاحة أنماط مولِّدة للذات. فالعملية البسيطة نسبياً للطائرات الشراعية التي تصنع طائرات شراعية غير مؤهلة، لأن البرنامج ذا الأهمية الشاملة لتوليد الذات لم

يُنسَخ. والمرء يحتاج من أجل ذلك إلى شيء أكثر تعقيداً. لجأ كونواي أولاً إلى طرح السؤال التالي: هل يمكن بناء آلة تورنغ (أي، الحاسب العام) في عالم (الحياة)؟ تتألف العملية الأساسية لأي حاسب عام من_عمليات منطقية، هي: و- أو- لا. ويتم تزويد هذه العمليات، في الحاسب الإلكتروني التقليدي بعناصر فتح فرعية، أو بوابات منطقية. فعلى سبيل المثال، بوابة و مزودة بسلكين للدَّخْل وسلك واحد للخَرْج (انظر الشكل 11). فإذا استُقبِلَت نبضة كهربائية بواسطة سلكي الدخل، فإن نبضة تُرسَل بواسطة سلك الخرج. ولن يكون هناك خرج في حال استقبال نبضة دخل واحدة فقط أو في حال عدم استقبالها. ويتألف الحاسب من شبكة كبيرة جداً من هذه العناصر المنطقية. وتُنجَز الرياضيات بشكل ثنائي عن طريق تمثيل الأعداد في شكل ثنائي، كسلاسل من واحدين وأصفار. وبعد تحويل الواحد إلى شكل فيزيائي، يتم ترميزه بنبضة كهربائية، ويُرَمَّز الصفر بغياب تلك النبضة. ولا ضرورة لإنجاز هذه العمليات بالتشغيل الكهربائي. وأي نظام ينجز العمليات المنطقية نفسها سيكون كافياً. فيمكن للمرء أن يستخدم مسننات ميكانيكية (كما في آلة بابيج التحليلية الأصلية)، أو أشعة الليزر، أو نقاطاً على شاشة حاسب.



الصورة (11)

تمثيل رمزي لبوابة و التي تستخدم في الحاسب. هناك سلكيْ دخل، A و B، وسلك واحد للخرج، C. فإذا ما تم تلقي إشارة من قبل A و B، عندئذٍ، يتم إرسال أشارة خرج بواسطة C.

وبعد كثير من التجريب والتفكير، استطاع كونواي أن يُظهِر أنه يمكن، في الواقع، بناء دارات منطقية ملائمة في عالم الحياة. والفكرة الأساسية هي

باستخدام سلاسل الطائرات الشراعية لترميز الأعداد الثنائية. فعلى سبيل المثال، يمكن تمثيل العدد 1011010010 بوضع طائرة شراعية في السلسلة في موضع كل واحد، في حين تترك ثغرات للأصفار. وعندئذٍ، يمكن بناء البوابات المنطقية عن طريق تنظيم دفقات الطائرات لتتشابك عند الزوايا اليمنى بطريقة موجَّهَة. وهكذا، سوف تقذف بوابة و طائرة شراعية إذا استقبلت ، فقط إذا استقبلت في الوقت نفسه، طائرات شراعية من دفقي الدخل (مُرَمِّزَةَ العملية 1+1 ← 1). ولإنجاز هذا، ولبناء وحدة الذاكرة الضرورية لتخزين المعلومات، يحتاج كونواي فقط إلى أربعة أصناف: طائرات شراعية، ومدافع منزلقة، وأَكَلَة، وعوائق.

نحتاج إلى الكثير من الحيل الذكية لوضع العناصر بصورة صحيحة وتنسيق الدينميات. مع ذلك، يمكن تنظيم مجموعة الدارات الكهربائية المنطقية الضرورية، ويمكن تشغيل الأشكال الضوئية في عالم (الحياة) على نحو ملائم تماماً، إذا كانت بطيئة إلى حد ما، كتشغيل الحاسبة الكونية. فيالها من نتيجة تنطوي على مضامين جذابة! نقصد هنا مستويين مميزين من الحساب. أولهما، هو أن هناك الحاسبة الإكترونية القاعدية التي تستخدم لتكوين لعبة (الحياة) على الشاشة؛ وثانيهما، هو أن أنماط الحياة نفسها تعمل كحاسب في المستوى الأعلى. يمكن لهذا التسلسل أن يتواصل إلى ما لا نهاية: يمكن برمجة حاسب (الحياة) بحيث يخلق عالم الحياة المجرد الخاص به، والذي يمكن برمجته بدوره بحيث يولِّد عالم حياته الخاص ... حضرت مؤخراً حلقة دراسية حرة حول دراسة التعقيد قام فيها العالمان في حواسب MIT، توم توفولي ونورمان مرغولوس، بشرح عملية بوابة وعلى مرقاب حاسب الكتروني. وشهد العرض أيضاً تشارلز بِنِت من شركة IBM، خبير الأسس الرياضية للحساب والتعقيد. ولَفَتَ نظر بِنِت إلى أن ما نشاهده هو

حاسب ألكتروني يشبه الجهاز الخليوي الآلي التشغيل الذي يحاكي حاسباً إلكترونياً. فقـال بِنِت إن هـذه المُتَضَمَّنات embeddings المتتالية للمنطق الحسابي تذكره بالدمى الروسية.

وحقيقة أنه يمكن لـ (الحياة) أن تكيف حواسب عامة، تعني أنه يمكن استيراد كافة نتائج تحليل تورنغ إلى عالم (الحياة). فعلى سبيل المثال، ينطبق وجود عمليات لا تقبل الحساب على حاسب (الحياة) أيضاً. ولنضع في اعتبارنا أنه لا توجد طريقة منهجية لاتخاذ قرار مسبق حول ما إذا كان يمكن، أو لا يمكن، الفصل في مشكلة رياضية مفترضة عن طريق تشغيل آلة تورنغ: لا يمكن معرفة مصير آلة تورنغ مسبقاً. وبالتالي، لا يمكن التعرف مقدماً، وبصورة منهجية، على مصير الأنماط الحياتية المشتركة، على الرغم من أن كل هذه الأنماط حتمية حصراً. وأظن أن هذا الاستنتاج عميق جداً، وينطوي على مضامين شاملة للعالم الواقعي. ويبدو كأن هناك نوعاً من العشوائيـة أو الريبة (أجرؤ على تسميته "إرادة حرة؟) مُبَيَّت في عالم (الحياة) كما هي الحقيقة في العالم الواقعي، بسبب قيود المنطق نفسه، حالما تصبح الأجهزة معقدة بما يكفي لانهماكها بالمرجعية الذاتية.

تترابط المرجعية الذاتية والتوليد الذاتي بقوة، وعندما تم إثبات وجود حواسب عامة لـ "الحياة"، انفتح الطريق أمام كونواي لإثبات وجود بناة كونيين، وبالتالي، وجود أنماط حياتية طبيعية مولِّدة للذات. ونكرر القول إن هذا النمط لم يُبْن عملياً، لأنه كان سيكون ضخماً فعلاً. ولكن مبررات كونواي تقول إن أنماط توليد الذات، في عالم سرمدي للحياة تعمره النقاط عشوائياً، ستتشكل حتماً في مكان ما فقط عن طريق الصدفة. ومع أن الأرجحية ضد التشكل العشوائي لهذا النموذج المعقد والمنسق عالية جداً، فإنه

سوف يحدث أي شيء يمكن أن يحدث في كون لا متناه حقاً. ويمكن للمرء أن يتصور التطور الدارويني الذي يؤدي دائماً إلى ظهور أنماط مولِّدة للذات أكثر تعقيداً.

يؤكد بعض المتحمسين للعبة "الحياة" أن هذه الأنماط الحياتية المولِّدة للذات لا بد من أن تكون نشطة فعلاً، لأنها تتمتع بكل الصفات التي تعيِّن المتعضيات الحية في كوننا. فإذا اعتبرنا جوهر الحياة مجرد شكل من أشكال الطاقة المنظمة أعلى من عتبة ما من التعقيد، عندئذٍ، سيكون هؤلاء المتحمسون على صواب. وهناك اليوم فعلاً فرع من العِلم يدعى "الحياة الاصطناعية" يُكرِّس لدراسة أنماط التنظيم الذاتي، التكيفية، التي يولِّدها الحاسب. ويهدف الموضوع إلى استخراج جوهر ما يُعَدُّ لأن يكون حياً من تفاصيل لا تتصل بالموضوع لمواد حقيقية من متعضيات حية. وفي حلقة دراسية حديثة العهد حول الحياة الاصطناعية، أوضح عالم الحواسب كريس لانغتون: " نظن أنه يمكننا أن نُدخِل عوالم معقدة بما يكفي إلى الحواسب بحيث يمكنها مساندة العمليات التي يجب دراستها حية فيما يتعلق بذلك الكون. ولكن، عند إعدادها، فإنه يجب إعدادها من المادة نفسها ... إنها تطرح احتمالاً مخيفاً هو أننا سوف نعمل، بعد ذلك، على خلق أشياء حية في الكون." ويتفق باوند ستون مع هذا الرأي: "إذا استخدم التكوين الذاتي اللا مبتذل كمقياس للحياة، فإن أنماط (الحياة) المُولِّدة ذاتياً ستكون حية. ولكن هذا لا يعني أنه يجب أن تحاكي الحياة كأي صورة تلفزيونية، بل إنها ستكون حية، بالمعنى الحرفي، بفضل ترميز ومعالجة المعلومات المتعلقة بتركيبها. وأبسط نماذج (الحياة) المولِّدة للذات ستكون حية بمعنى من المعاني إلى حد أن الفيروس لن يكون كذلك!"

ويمضي جون كوناي إلى أبعد من ذلك بكثير، فيرى أن أشكال (الحياة) المتقدمة يمكن أن تكون واعية: "يحتمل، لو كان مدى (الحياة) طويلاً بما

يكفي، في البداية، بحالة عشوائية، لظهرت بعد وقت طويل، حيوانات عاقلة ناسخة لذاتها وعَمَرَت بعضاً من أجزاء المكان." ولكن، هناك مقاومة طبيعية لهذه الأفكار. فعالم (الحياة)، مع ذلك، عالم مصطنع. إنه ليس واقعياً، أليس كذلك؟ فالأشكال التي تتحرك على الشاشة هي مجرد محاكاة للأشكال الواقعية في الحياة. سلوكها ليس عفوياً، فقد جرت مسبقاً برمجتها إلى الحاسب الذي يلعب لعبة (الحياة). ولكن المتحمس لـــ (الحياة) يعترض: سلوك البنى الفيزيائية في عالمنا "مبرمج" أيضاً بقوانين الفيزياء والحالة الابتدائية. والانتشار العشوائي للنقاط التي يمكن أن يظهر منها نمط (الحياة) المولِّد للذات مشابه مباشرة للحساء العشوائي قبل الحيوي الذي يُفترَض أن تكون نشأت منه الأشياء الحية لأول مرة على سطح الأرض.

كيف يمكننا، إذاً، أن نعرف الكون الواقعي مـــن الكون المُحاكى؟ هـــذا هـــو موضوع الفصل التالي.



الفصل الخامس

عوالم واقعية
و
عوالم افتراضية

الأحلام تسحرنا جميعاً. والناس، من أمثالي، الذين تكون أحلامهم زاهية جداً كثيراً ما يقعون في "أشراك" حلم يظنون أنه واقعي. والإحساس الهائل بالراحة الذي يرافق الاستيقاظ إحساس صادق جداً. مع ذلك، كثيراً ما كنت أتساءل: لو كان الحلم في حينه هو الواقع، فلماذا نميز تماماً بين تجاربنا خلال اليقظة وتجاربنا أثناء النوم. وهل يمكن أن نتأكد تماماً أن "عالم الأحلام" عالم وهمي وعالم اليقظة هو "العالم الحقيقي؟" أو هل يمكن أن يكون العكس، أم أن كليهما واقعيان، أو أن كليهما ليسا كذلك؟ وما معيار الواقعية الذي يمكن أن نستخدمه للاتفاق حول هذه المسألة.

إن الجواب العادي السريع واللاذع هو أن الأحلام عبارة عن تجارب شخصية، بينما العالم الذي ندركه أثناء اليقظة يتوافق مع تجارب الناس الآخرين. ولكن هذا الجواب لا يفيدنا في شيء. فكثيراً ما ألتقي بشخصيات الأحلام التي تؤكد لي أنها شخصيات واقعية، وأنها تشاطرني تجارب أحلامي الخاصة. وفي حياة اليقظة، علي أن أصدق ما يقوله الآخرون حول أنهم يدركون فعلاً عالماً مماثلاً لعالمي، لأنني عملياً لا أستطيع أن أشاطرهم

تجاربهم. فإلى أي مدى يمكنني أن أميز الادعاء الصحيح الذي تدعيه شخصية موهمة، أو نظام آلي التشغيل معقد بما فيه الكفاية، لكنه غير واع؟ ولا فائدة أيضاً من الإشارة إلى حقيقة أن الأحلام كثيراً ما تكون مشوشة، ومفككة، وسخيفة. والعالم الواقعي المعروف غالباً يمكن أن يبدو هو نفسه بعد بضع كؤوس من الخمر، أو عند استعادة الوعي بعد التخدير.

محاكاة الواقع

قصدنا بالملاحظات السابقة حول الأحلام تهيئة القارىء لدراسة محاكاة الحاسب للواقع. وقد حاولت في الفصل السابق أن أثبت أنه يمكن لحاسب إلكتروني أن يحاكي عمليات فيزيائية في العالم الواقعي، ومن حيث المبدأ، حتى العمليات المعقدة من تلك التي تحدث في علم الأحياء. ورأينا، من ناحية أخرى، أن الحاسب أساساً هو مجرد نهج للمعالجة لتحويل مجموعة واحدة من الرموز إلى مجموعة أخرى وفقاً لقاعدة ما. ونحن عادة نعتبر الرموز كأرقام؛ وعلى نحو أكثر تحديداً كسلاسل من واحدين وأصفار، وهي الصيغة الملائمة أكثر للاستخدام في الآلات. فكل واحد أو صفر يمثل وحدة(1) [bit أو byte] معلومات، وهكذا، يكون الحاسب أداة تأخذ سلسة من وحدات الدخل وتحولها إلى سلسلة من وحدات الخرج. فكيف يمكن لهذه المجموعة التافهة ظاهرياً من العمليات المجردة أن تستولي على جوهر الحقيقة الفيزيائية؟

تعالوا نقارن نشاط الحاسب بنظام فيزيائي طبيعي، ككوكب يدور حول الشمس مثلاً. إن حالة النظام في أية لحظة يمكن تحديدها بإعطاء موقع الكوكب وسرعته. تلك هي معلومات الدخل. ويمكن إعطاء الأرقام ذات الصلة على شكل حساب ثنائي، كسلسلة وحدات مؤلفة من واحدين وأصفار.

---

(1) Bit أو Byte: مجموعة أرقام ثنائية متجاورة تعتبرها الحاسبة الألكترونية وحدة ، وهي عادة أقصر من كلمة. المترجم.

وفي وقت لاحق، سيكون للكوكب موقع وسرعة جديدان، يمكن وصفهما بسلسلة وحدات أخرى: وهذه هي معلومات الخرج. لقد نجح الكوكب في تحويل سلسلة وحدات واحدة إلى أخرى، ولذلك فهو حاسب بمعنى من المعاني. و"البرنامج" الذي استخدم في هذا التحويل هو عبارة عن مجموعة من قوانين نيوتن (قوانين نيوتن في الحركة والجاذبية).

يتزايد إدراك العلماء للرابطة بين العمليات الفيزيائية والحساب، ويجدون من المفيد التفكير بالعالم بمصطلحات حسابية. ويرى ستيفن وولفرام، من معهد الدراسة المتقدم في برنستون أن "القوانين العلمية تعتبر اليوم كخوارزمات، وتعتبر المنظومات الفيزيائية كأجهزة حساب تعالج المعلومات كما تعالجها الحواسب." فعلى سبيل المثال، تُحدَّد حالة الغاز بإعطاء مواقع وسرعات كافة الجزيئات في لحظة ما (بشيء من الدقة). وستكون هذه سلسلة وحدات طويلة إلى حد هائل. وفي لحظة تالية، ستحدَّد حالة الغاز سلسلة وحدات أخرى طويلة إلى حد هائل. ولذلك، كان على تأثير التطور الدينمي للغاز أن يحول معطيات الدخل إلى معطيات خرج.

تتعزز العلاقة، إلى حد أبعد، بين العمليات الطبيعية والعمليات الحسابية بالنظرية الكمومية، التي تُظهِر أن كثيراً من الكميات الفيزيائية التي تعتبر من الناحية الطبيعية مستمرة، هي منفصلة في الواقع. وهكذا، تمتلك الذرات مستويات مميزة من الطاقة. فعندما تبدل ذرة ما طاقتها، فإنما تقوم بقفزة[1] بين المستويات. فإذا ما خُصَّ كل مستوى برقم، فإن قفزة كهذه يمكن أن تعتبر تحولاً من رقم إلى آخر.

وصلنا هنا إلى جوهر فعالية الحاسب في العلم الحديث. وبسبب قدرة الحواسب على محاكاة بعضها بعضاً، فإنه يمكن لحاسب إلكتروني أن يحاكي

---

(1) أفادني أستاذ في مادة الفيزياء مشكوراً أنه عندما تمتص الذرة طاقة يقفز أحد ألكتروناتها، لا هي، من مستوى طاقة أدنى إلى مستوى طاقة أعلى. المترجم.

أي جهاز يعمل نفسه كحاسب. وهذه هي القاعدة بالنسبة للحاسب الذي يصوغ العالم الواقعي: الكواكب وصناديق الغاز وكثير غيرها تعمل كحواسب وبالتالي يمكن تشكيلها. ولكن، هل يمكن محاكاة كل جهاز فيزيائي بهذه الطريقة؟ هذا ما يظنه وولفرام: "يتوقع المرء حقيقة أن الحواسب فعالة في قدراتها الحسابية كأي جهاز يمكن تحقيقه فيزيائياً، بحيث يمكنه محاكاة أي جهاز فيزيائي." فإذا صح ذلك، فإن هذا يتضمن أن أي جهاز معقد بما يكفي للحساب يمكن، من حيث المبدأ، أن يحاكي كامل الكون الفيزيائي.

أوضحت في الفصل السابق كيف أن أجهزة خليوية آلية التشغيل كـ **الحياة** تولّد عوالمَ الدمى التي يكون فيها الحساب ممكناً. ويبدو أننا توصلنا إلى نتيجة تفيد بأن كون (الحياة) قادر على محاكاة العالم الواقعي بأمانة. ويوضح وولفرام: "يمكن للأجهزة الخليوية الآلية التشغيل القادرة على القيام بالحساب العام أن تحاكي سلوك أي حاسب محتمل، وبما أنه يمكن عرض أية عملية فيزيائية كعملية حساب، فإن هذه الأجهزة يمكنها أيضاً أن تحاكي عمل أي جهاز فيزيائي محتمل." وبالتالي، هل يمكن، من حيث المبدأ، صنع عالم دمى خليوي آلي التشغيل، كعالم الحياة، بحيث "يحاكي الواقع" بدقة ويعمل كنسخة مثالية للكون الواقعي؟ من حيث الظاهر، يمكن ذلك. ولكن هذا يطرح سؤالاً أكثر إرباكاً. إذا كانت المنظومات الفيزيائية كلها عبارة عن حواسب، وإذا كان يمكن للحواسب أن تحاكي تماماً كافة المنظومات الفيزيائية، عندئذٍ، ما الذي يميز العالم الواقعي من العالم المُحاكى؟

يغري المرء أن يجيب على هذا السؤال بأن المحاكاة هي فقط تقدير تقريبي ناقص للواقع. فعلى سبيل المثال، إن الملاحظة هي التي تحدد دقة معطيات الدخل عند حساب حركة كوكب ما. علاوة على ذلك، تعمل البرامج الواقعية للحاسب ، إلى حد بعيد، على تبسيط الحالة الفيزيائية، عن طريق إغفال التأثير المعوق للأجسام الثانوية وهلمجرا. ولكن، لا شك في أنه يمكن للمرء أن يتصور برامج دقيقة أكثر فأكثر، وتجميعاً للمعطيات المدروسة أكثر فأكثر إلى الحد الذي يصبح معه التمييز غير ممكن بين المحاكاة والواقع بالنسبة لكل الأغراض العملية.

ولكن، ألا تفشل المحاكاة بالضرورة عند مستوى ما من التفصيل؟ ساد الظن لفترة طويلة بأن الجواب يجب أن يكون نعم، بسبب ما كان يفترض من وجود اختلاف أساسي بين الفيزياء الواقعية وأي محاكاة رقمية. هذا الاختلاف على علاقة بمسألة عكوسية الزمن. فكما أوضحنا في الفصل الأول من أن قوانين للفيزياء عكوسة بمعنى أنها تبقى ثابتة إذا انعكس الماضي والمستقبل–أعني أن ليس لها اتجاه زمني مفضل مبيَّت. واليوم، إن كل الحواسب الرقمية الموجودة تستهلك الطاقة لكي تعمل. هذه الطاقة المهدورة تظهر على شكل حرارة داخل الآلة ويجب التخلص منها. وتراكم الحرارة يفرض قيوداً عملية جداً على أداء الحواسب، ويُستنفَذ جزء كبير من البحث في سبيل تخفيضها إلى أدنى حد. ويمكن اقتفاء أثر الصعوبة إلى العناصر المنطقية الأساسية في الحاسب. فكلما حدث التشغيل، تنتج الحرارة. وهذا مألوف في الحياة اليومية. فالصلصلة التي نسمعها عند تشغيل مفتاح المصباح هي بعض من الطاقة التي نستهلكها بتشغيل المفتاح تتبدد على شكل صوت؛ ويظهر الباقي منها على شكل حرارة داخل المفتاح. وكلفة هذه الطاقة مندمجة، بشكل مدروس، في تصميم المفتاح لضمان بقائه في واحدة من حالتيه المستقرتين: مفتوحاً أو مغلقاً. ولولا وجود كلفة الطاقة التي يستلزمها التشغيل، لتعرض المفتاح لخطر التحرك بصورة تلقائية.

تبديد الطاقة في التشغيل لا يمكن عكسه. فالحرارة تتساب في البيئة وتضيع. ولا يمكن إنقاذ الطاقة الحرارية المهدورة وتوجيهها إلى شيء آخر مفيد دون التعرض لمزيد من الخسارة الحرارية التي تعادل، على الأقل، الخسارة في عملية إنقاذها. وهذا مثال للقانون الثاني للدينميات الحرارية، الذي يمنع أي إعادة تدوير لـــ "غذاء مجاني" من الطاقة الحرارية في سبيل عمل مفيد. ولكن بعض علماء الحواسب أدركوا أن القانون الثاني للدينميات الحرارية هو قانون إحصائي ينطبق على الأجهزة بدرجات متعددة من الحرية. والحقيقة هي أن مفاهيم الحرارة والاعتلاج بالذات تقتضي الإثارة المشوشة للجزيئات، وهي مهمة فقط

بالنسبة للمجموعات الكبيرة من الجزيئات. فلو أمكن تصغير الحواسب إلى حد كبير جداً بحيث يجرى التشغيل الأساسي على المستوى الجزيئي، فلربما أمكن تفادي توليد الحرارة جملة؟

ولكن، يبدو أن هناك مبدأ أساسياً يتعارض مع وجود هذه المعالجة المثالية. فتعالوا، مثلاً، ندرس بوابة و، التي تحدثنا عنها في الفصل السابق. كنا رأينا أن للدخل قناتين (سلكين)، وللخرج قناة واحدة فقط. والغرض الصحيح من تشغيل و هو دمج إشارتين واردتين إلى إشارة واحدة صادرة. ومن الواضح أن هذه العملية ليست عكوسة. فالمرء لا يمكن أن يعرف ما إذا كان غياب نبضة في سلك الخرج ناجم عن وجود نبضة في هذا السلك أو في السلك الآخر من سلكي الدخل، أم أنه ناجم عن عدم وجود نبضة في أي منهما. يعكس هذا التحديد الأولي الحقيقة الواضحة حول أنه يمكن لأحدنا، في الحساب العادي، أن يستنتج الأجوبة من الأسئلة، وليس العكس: لا يمكنك عادة أن تستنتج السؤال من الجواب. فإذا قيل لأحدنا أن جواب إحدى المسائل هو 4، فإن المسألة قد تكون 2+2 أو 3+1 أو 4+0. وقد يبدو من هذا أنه ما من حاسب يمكنه أن يعود إلى الوراء لأسباب خاصة بالمنطق الأساسي.

في الواقع، هناك عيب في هذه الحجة، اكتشفه مؤخراً رولف لانداور وتشارلز بنِت من شركة IBM. فقد تتبعا أثر اللاعكوسية التي تلازم، كما يبدو، عملية الحوسبة، وتبيَّن أنها تنشأ من تبديد المعلومات. وهكذا، يمكن للمرء، عند إجراء عملية حسابية 1+2+2، أن يجمع أولاً 2 و 2 لكي يحصل على 4، ومن ثم يضيف 4 إلى 1 لكي يحصل على الجواب 5. وفي هذه السلسلة من العمليات، هناك درجة وسيطة يتم فيها الاحتفاظ فقط بالعدد 4: يتم التخلي عن 2+2 الأصل لأنه لم يعد على صلة بالجزء الباقي من الحساب. ولكن لا ينبغي لنا أن نبدد المعلومات. ويمكننا أن نختار اقتفاء أثر اللاعكوسية في كل مكان. ولا شك في أن هذا يعني توسيع مدى الذاكرة

لتوفير معلومات إضافية ، ولكنها يجب أن تساعدنا على "حلّ" أي حساب في أية مرحلة بالعمل رجوعاً من الجواب إلى السؤال.

ولكن، هل يمكن تصميم بوابـــات تحويل مناسبة لتحقيق هذا المنطق العكوس؟ لقد اكتشف إدّ فرِدكِن من MIT أنه يمكن ذلك فعلاً. ففي بوابة فرِدكن قناتان للدخل وقناتان للخرج إضافة إلى قناة ثالثة لــ "التحكم." ويجري التشغيل كالعادة، ولكن بطريقة تحتفظ بمعلومات الدخل في قناتي الخرج. ويمكن إجراء حساب على نحو عكوس حتى على مكنة تبديدية. أعني، على مكنة تعمل حتماً على تبديد الطاقة على نحو لا عكوس. (إن أي حساب عملي عكوس لا يمكن أن يتفادى التبديد اللاعكوس للحرارة). ولكن يمكن للمرء، على المستوى النظري، أن يتصور نظاماً مثالياً يكون فيه عكوساً كل من الحساب والفيزياء. وابتكر فرِدكن ترتيباً خيالياً لكرات صلبة ترتد بطريقة موجهة بدقة عن العوارض الثابتة. ويمكن لهذه التركيبة أن تنجز، فعلاً، عمليات منطقية بطريقة لا عكوســة. وقــد تــم أيضاً اختراع حواسب متخيلة أخرى عكوسة.

هناك مسألة هامة تتصل بحالة الأجهزة الخليوية الآلية التشغيل كحواسب. وحواسب لعبة (الحياة) ليست عكوسة، لأن القواعد المستبطنة للُعبة غير عكوسة (السلاسل النموذج لا يمكن أن تعود إلى الوراء). ولكن نورمان مرغولوس أنشأ طرازاً مختلفاً لجهاز خليوي آلي التشغيل يمكن أن يشكل الجهاز العكوس للكرات والعوارض عند فرِدكن. وبالنظر إلى مستوى عالم المنظومات الآلية التشغيل، يعتبر هذا حاسباً عكوساً بحق، حسابياً و "فيزيائياً" (على الرغم من وجود تبديد لاعكوس على مستوى الحاسب الإلكتروني الذي ينجز هذا الجهاز الخليوي الآلي التشغيل).

حقيقة أنه يمكن إجراء الحساب بشكل لاعكوس يزيل التمييز الحاسم بين محاكاة الحاسب وفيزياء العالم الواقعي التي تحاكيها. ويمكن للمرء، فعلاً، أن يعكس الاستنتاج ويسأل إلى أي مدى تكون العمليات الفيزيائية في

العالم الواقعي عمليات حسابية. إذا كانت المفاتيح اللاعكوسة غير ضرورية، فهل يمكن اعتبار حركة الأجسام العادية كجزء من الحساب الرقمي؟ تم قبل بضع سنوات إثبات أن بعض الأجهزة اللاعكوسة، كمكنات تورنغ والأجهزة الخليوية الآلية التشغيل ذات القواعد اللاعكوسة كلعبة (الحياة)، يمكن برمجتها لإجراء أي حساب رقمي عن طريق الاختيار المناسب لحالتها الأولية. وتدعى هذه الخاصية بـــ "العمومية الحسابية." وتتضمن، في حالة لعبة (الحياة)، إمكانية اختيار نموذج أولي يضع نقطة في موقع معلوم إذا كان عدد معين عدداً أولياً. ويفعل النموذج الآخر الشيء نفسه إذا كان هناك حل لمعادلة معينة، وهكذا دواليك. وبهذه الطريقة، يمكن استخدام لعبة (الحياة) لاستقصاء المشكلات الرياضية غير المحلولة كنظرية **فيرما** الأخيرة.

تبيَّن مؤخراً أن بعض الأجهزة المُحَدِّدَة العكوسة كحاسب الكرات والعوارض لــ فردكن هي أيضاً عامة حاسوبياً، وتشترك بهذه الخاصية بعض الأجهزة غير المُحَدِّدَة. ولذلك، يبدو كما لو أن العمومية الحسابية خاصية مشتركة تقريباً للأجهزة الفيزيائية. فإذا ما تمتع أي جهاز بهذه الخاصية، فإنه بالتحديد قادر على اتباع سلوك معقد كأي جهاز يمكن محاكاته رقمياً. وهناك دليل على أن منظومة، حتى وإن كانت بسيطة، كأجرام ثلاثة تتحرك ضمن جاذبية متبادلة (كوكبين يدوران حول نجم)، تتمتع بخاصية العمومية الحاسوبية. فإذا صح ذلك، فإنه يمكن عندئذٍ، عن طريق الاختيار المناسب لمواقع وسرعات الكوكبين في لحظة ما، جعل المنظومة تقوم بحساب أرقام π، أو العدد الأولي رقم ترليون، أو ناتج تصادم ملايين الطائرات الشراعية في كون (الحياة). والحقيقة هي أن هذا الثالوث العادي، كما يبدو، يمكن استخدامه أيضاً، كما يزعم بعض المتحمسين، لمحاكاة كامل الكون إذا كان يمكن محاكاته رقمياً.

تعودنا أن نعتبر الحواسب كأجهزة خاصة جداً تتطلب تصميماً بارعاً. وصحيح أن الحواسب الإلكترونية أجهزة معقدة، لكن تعقيدها ناجم عن التعدد الواسع لمؤهلاتها. وأصبحنا اليوم نهتم كثيراً بعمل البرمجة عند تصميم الآلة: لا

ينبغي أن نكرر صنعها كل مرة إلى حالاتها البدئية. ولكن القدرة على الحساب هي خاصية يتمتع بها، كما يبدو، الكثير من الأجهزة الفيزيائية، بما فيها الأجهزة البسيطة جداً. وهذا يطرح مسألة ما إذا كان يمكن حساب نشاطات الذرات أو حتى الجسيمات دون الذرية. قام بدراسة هذه المسألة عالم الفيزياء ريتشارد فينمان، الذي أظهر أن حاسباً عكوساً يعمل في المستوى دون الذري وفقاً لقوانين الميكانيكا الكمومية، ممكن في الواقع. وبالتالي، هل يمكننا أن نعتبر العمليات الذرية التي لا حصر لها والتي تتواصل طوال الوقت بصورة طبيعية تماماً– العمليات في داخلك وداخلي، داخل النجوم، داخل الغاز بين النجوم والكواكب، داخل المجرات البعيدة–كجزء من حساب كوني جبار؟ فإذا صح ذلك، فإن الفيزياء والحساب يصبحان متشابهين. وسوف نتوصل إلى استنتاج مذهل: ينبغي أن يكون الكون هو محاكاته الخاصة.

هل الكون حاسب؟

يجيب أحدهم، هو إدّ فرِنكِن، على السؤال مؤكداً بنعم. فهو يعتقد أن العالم الفيزيائي جهاز خليوي جبار آلي التشغيل، ويدّعي أن دراسة الأجهزة الخليوية الآلية التشغيل تكشف عن أنه يمكن محاكاة السلوك الفيزيائي الواقعي، بما في ذلك تحسينات كالنسبية. ويشاطره هذا الاعتقاد زميله توم توفولي. فقد علق مرة ساخراً بأنه لا شك في أن الكون حاسب، ولكن المشكلة الوحيدة هي أن أحدهم يستخدمه. أما نحن فمجرد حشرات في تلك الآلة الكونية الكبيرة! ويزعم أن "كل ما يجب أن نفعله هو أن 'نقوم برحلة متطفلين' بواسطة هذه العملية الحاسوبية الضخمة المتطورة، ونحاول اكتشاف أجزائها التي تقترب صدفة من المكان الذي نريد."

لم تفتقر وجهة نظر فردكن وتوفلي المدهشة، لا بل والغريبة إذا صح القول، إلى تأييد أشخاص آخرين. فقد جادل عالم الفيزياء فرانك تبلّر بقوة عن فكرة مساواة الكون بمحاكيه الخاص. فضلاً عن ذلك، لاتحتاج المحاكاة إلى أن

تجري بحاسب حقيقي، كما يؤكد تبلر. فبرنامج الحاسب، على الرغم من كل شيء، هو مجرد تحويل (أو تخطيط) لمجموعة من الرموز المجردة إلى أخرى وفقاً لقاعدة ما: دخل ← خرج. ويؤمّن حاسب فيزيائي تمثيلاً مادياً لتخطيط كهذا، تماماً كما يمثل الرقم الروماني III الرقم 3 المجرد. ويكتفي تبلر بمجرد وجود هذا التخطيط في حقل القوانين الرياضية، حتى وإن كان مجرداً.

لقد تبين أن نظرياتنا الحالية في الفيزياء لا تصاغ عادة بالطريقة نفسها تماماً كخوارزمات الحاسب، لأنها تستخدم باستمرار كميات مختلفة، وبشكل خاص، في ضوء اعتبار المكان والزمان متواصلين. وقد أوضح فينمان أن "احتمال أن يكون هناك محاكاة صحيحة، أي أن يعمل الحاسب تماماً كما تعمل الطبيعة،" يتطلب "أن كل شيء يحدث في حجم متناه للمكان والزمان يجب أن يكون قابلاً تماماً للتحليل بعدد متناه من العمليات المنطقية. ولكن النظرية الحالية للفيزياء ليست كذلك كما يبدو. إنها تتيح للمكان أن يتضاءل إلى أبعاد متناهية الصغر." ومن جهة أخرى، إن استمرارية المكان والزمان هي مجرد افتراضات حول العالم، لا يمكن إثباتها، لأنه لا يمكننا أبداً أن نتأكد من أنه يمكن تمييز المكان والزمان بمقياس ما صغير الحجم، أي أدنى مما تمكن ملاحظته. فما معنى هذا؟ إنه يعني أن الزمن تقدم بوثبات صغيرة، كما في الجهاز الخليوي الآلي التشغيل، أكثر منه بانتظام. وتشبه الحالة فيلماً سينمائياً يقدم صورة واحدة كل مرة. ويبدو لنا الفيلم وكأنه متواصل، لأنه لا يمكن أن نحلل الفواصل الزمنية القصيرة بين الصور. وبالمثل، يمكن لتجاربنا الحالية، في الفيزياء، أن تقيس الفواصل الزمنية القصيرة إلى حد 10^{-26} ثانية؛ وليست هناك إشارات إلى وجود أية وثبات قصيرة أصغر عند ذلك المستوى. ولكن، مهما أصبح تحليلنا دقيقاً، فإنه يبقى هناك احتمال في أن تكون الوثبات القصيرة أصغر. وتنطبق ملاحظات مماثلة على الاستمرارية المفترضة للمكان. وهكذا، قد لا يكون شؤماً هذا الاعتراض على محاكاة صحيحة للواقع.

مع ذلك، يبقى الإغراء قائماً بالاعتراض بأن الخريطة تتميز عن الأرض. وحتى لو أمكن أن يكون هناك حاسب كوني قوي إلى حد لا يصدق

إلى درجة يمكن معها أن يحاكي تماماً نشاط كل ذرة في الكون، فإن هذا الحاسب بالتأكيد لا يتسع، عملياً، لأرض كوكب يدور في الفضاء، أكثر مما يتسع الكتاب المقدس لآدم وحواء؟ تعتبر محاكاة الحاسب عادة مجرد تمثيل، أو صورة للواقع. فكيف يمكن لأي كان أن يزعم أن النشاط الذي يتواصل داخل حاسب ألكتروني يمكن في أي وقت أن يخلق عالماً واقعياً؟

ويرد تبلر بأن هذا الاعتراض صحيح فقط من منظور خارج الحاسب. فإذا كان الحاسب قوي بما يكفي لمحاكاة الوعي-وتوسعاً، جماعة كاملة من الكائنات الواعية- فإن العالم المُحاكَى يجب أن يكون واقعياً من وجهة نظر الكائنات داخل الحاسب:

السؤال الرئيس هو: هل هناك وجود للناس المُحاكين؟ إنهم موجودون، بقدر ما يمكن أن يعرفوا أنهم موجودون. وعلى فرض أن أي تصرف يمكن للناس الحقيقيين أن يقوموا به وينجزوه لتحديد ما إذا كانوا موجودين-بما ينعكس على حقيقة أنهم يفكرون، يتفاعلون مع البيئة-فإنه يمكن للناس االمُحاكين أيضاً أن يقوموا به، ويقومون به فعلاً. وببساطة، ليس هناك وسيلة يعرف الناس المحاكون بواسطتها إنهم موجودون "فعلاً" داخل الحاسب، وأنهم مجرد محاكين، وليسوا حقيقيين. فهم لا يمكنهم أن يدركوا المادة الحقيقية، أي الحاسب الفيزيائي، من مكان وجودهم، داخل البرنامج. .... لا تتوفر لهؤلاء الناس وسيلة داخل هذا العالم المحاكى لكي يعرفوا أنهم مجرد محاكين، وأنهم ليسوا أكثر من سلسلة من الأرقام قُذِفَت هنا وهناك داخل حاسب، وأنهم، في الواقع، غير حقيقيين.

إن مناقشة تبلر كلها تعتمد، طبعاً، على إمكانية محاكاة الحاسب للوعي. فهل يعقل هذا ؟ لنتصور حاسباً يحاكي كائناً إنسانياً. فإذا كانت المحاكاة دقيقة حقاً، فإن مراقباً إنسانياً خارجياً لم يعرف الظروف لن يستطيع أن يعرف عن

طريق التحدث مع المحاكاة ما إذا كانت مقيمة في الحاسب أو أنه إنسان في عالمنا. ويمكن للمراقب أن يستجوب المحاكاة ويحصل على أجوبة معقولة شبيهة تماماً بالأجوبة الإنسانية. ونتيجة لذلك، سيميل الملاحظ إلى استنتاج أن المحاكاة واعية أصلاً. في الواقع، عالج ألان تورنغ هذه المسألة في بحثه الشهير الذي يحمل عنوان "هل يمكن للآلات أن تفكر؟" وابتكر في بحثه مثل هذا الاختبار الاستجوابي. وعلى الرغم من أن الكثير من الناس يعتبرون فكرة آلات تتمتع بوعي غريبة أو حتى سخيفة، فإن الكثير من العلماء والفلاسفة البارزين من مدرسة الذكاء الاصطناعي المعروفة حاولوا أن يثبتوا على هذا الأساس أن العقل المُحاكى يجب أن يكون واعياً.

ولا يبقى أمام هؤلاء المستعدين لمجاراة فكرة أن حاسباً قوياً بما يكفي يمكن أن يكون واعياً سوى خطوة بسيطة للقبول بفكرة أن حاسباً يمكن، من حيث المبدأ، أن يولِّد مجتمعاً كاملاً من الكائنات الواعية. ويفترض في هؤلاء الأشخاص أن يفكروا، ويشعروا، ويعيشوا، ويموتوا في عالمهم المُحاكى غافلين كلياً عن حقيقة كونهم موجودين بفضل مُشغِّل حاسب يمكنه، افتراضياً، أن يسـحب القابس في أية لحظة! وهذه هي تماماً حالة حيوانات كونواي الذكية في عالم (الحياة).

ولكن هذه المناقشة بكاملها تفترض طرح سؤال واضح: كيف نعرف أننا نحن بالذات "حقيقيون" ولسنا مجرد محاكاة داخل حاسب جبار؟ ويجيب تبلر، "من الواضح أنه لا يمكننا معرفة ذلك." ولكن هل هذا مهم؟ ويحتج تبلر بأن الوجود الواقعي للحاسب، الذي لا يمكن إثباته للكائنات الواعية داخله، لا صلة له بالموضوع. وكل ما يهم هو وجود برنامج مجرد مناسب (ويفي بالغرض حتى جدول بحث مجرد) قابل لمحاكاة كون ما. وللسبب نفسه، فإن الوجود الواقعي لكون فيزيائي لا يتصل بالموضوع: "كون واقعي فيزيائياً كهذا يجب أن يكون مكافئاً لمفهوم الشيء كما يبدو للعقل المحض في الفلسفة

الكانطية. ونحن، كتجريبيين، مجبرون للاستغناء عن شيء كهذا لا يحمل في ذاته إمكانية التعرف إليه: يجب أن يكون الكون برنامجاً مجرداً."[1]

العقبة في هذه الحالة (بصرف النظر عن سيماء قياس الخُلْف فيها) هي أن عدد البرامج المجردة الممكنة لا نهائي. فلماذا نَخْبُر هذا الكون الخاص؟ يظن تبلر أن كافة الأكوان الممكنة التي يمكن أن تدعم الوعي مجربة فعلاً. وعالمنا ليس واحداً فقط. ومن الواضح أننا ندرك هذا الواحد بالتعريف. ولكن الأكوان الأخرى موجودة، وكثير منها شبيه بكوننا، بسكانها الخاصين، الذين يبدو لهم كونهم، في كل وحدة منه، واقعياً كما يبدو لنا كوننا. (هذا شكل مختلف للتفسير المتعدد الأكوان للميكانيكا الكمومية، الذي يستحسنه عدد كبير من علماء الفيزياء البارزين، والذي أتيت على وصفه بالتفصيل في كتابي عوالم أخرى. وسأعود إلى هذا في الفصل الثامن.) إن هذه البرامج التي تُرَمِّزُ أكواناً عاجزةً عن إعالة كائنات واعية لا تُرَى، ولهذا، ربما يمكن اعتبارها، بمعنى من المعاني، أقل من واقعية. أما مجموعة البرامج القادرة على توليد أكوان يمكن معرفتها فستكون مجموعة فرعية صغيرة من مجموعة كل البرامج الممكنة. ويمكن اعتبار عالمنا نموذجاً.

ما لا يمكن تحقيقه

إذا كان الكون "خَرْجَ" عملية حسابية، فإنه، بالتعريف، يجب أن يكون قابلاً للحساب. وبدقة أكبر، يجب أن يكون هناك برنامج أو خوارزمية يمكن الحصول منها على وصف صحيح للعالم بعدد محدود من الإجراءات. وإذا عرفنا تلك الخوارزمية، فإنه سيكون لدينا نظرية كاملة للكون، بما في ذلك القيم العددية لكل الكميات الفيزيائية القابلة للقياس. ماذا يمكن للمرء أن يقول حول هذه الأرقام؟ إذا كان يجب أن تظهر من عملية حسابية، فإنها يجب أن

(1) باراو و تبلر في كتابهما the anthrobic cosmological principle. المترجم.

تكون أرقاماً قابلة للحساب. وكان يفترض عادة أن قيم كافة الكميات القابلة للقياس التي يمكن التنبؤ بها بواسطة نظرية فيزيائية يجب أن تكون أرقاماً قابلة للحساب. ولكن تم مؤخراً اختبار هذا الافتراض من قبل عالمي الفيزياء روبرت جيروتش و جيمس هارتله. فقد أشارا إلى أن وجود نظريات في الفيزياء يمكن أن يقدم نبوءات بخصوص كميات يمكن قياسها وهي أرقام لا تقبل الحساب. ومع أن هذه النظريات على علاقة تقريباً بالموضوع التقني للخاصيات الكمومية للزمان المكاني، فإنها تطرح نقطة مهمة للمبدأ.

لنفترض أن نظرية محترمة تتنبأ بالرقم الذي لا يقبل الحساب x لكمية ما، كنسبة كتلتي جسيمات دون ذرية، مثلاً. فهل يمكن اختبار النظرية؟ إن اختبار أية نبوءة يستلزم مقارنة القيمة النظرية مع القيمة التجريبية. ومن الواضح أنه يمكن القيام بذلك فقط في حدود مستوى ما من الدقة. ولنفترض أن القيمة التجريبية مقدرة في حدود خطأ متوقع مقداره 10%. عندئذ، يصبح ضرورياً أن نميز x ضمن حدود 10%. والآن، على الرغم من أن x قد تكون موجودة، فإنه لا يمكن اكتشافها عن طريق خوارزمية متناهية، أي عن طريق إجراء منهجي؛ وذلك ما يعنيه كونها لا تقبل الحساب. وبالمقابل، نحن بحاجة إلى معرفة x فقط ضمن حدود 10%. ولا شك في أنه يمكن إيجاد خوارزمية لتكوين سلسلة من القيم التقريبية المتتالية الأفضل بالنسبة لـ x، وأخيراً إلى حدود 10%. والمشكلة هي أنه، بما أننا لا نعرف x، فإننا لا نستطيع أن نعرف متى نصل إلى مستوى 10%.

على الرغم من هذه الصعوبات، قد يكون ممكناً اكتشاف قيمة تقريبية لـ 10% بوسيلة غير خوارزمية. والنقطة الأساسية فيما يتعلق بالتركيب الخوارزمي هي أنه يمكن للمرء أن يضع مجموعة متناهية من التعليمات القياسية في البداية؛ وبعدئذ، يجب أن تعمل المسألة الميكانيكية وحدها من خلال تلك التعليمات للحصول على النتيجة المرغوبة. وفي حالة عدد قابل

للحساب، مثل π، يمكن للمرء أن يتخيل حاسباً يتحرك بعنف، فيولّد دائماً سلسلة من القيم التقريبية الأفضل، وفي كل مرحلة يضمن الخرج بدقة إلى أي مدى كانت جيدة تلك القيمة التقريبية الخاصة. ولكن هذه الاستراتيجية، كما رأينا، لا تصلح للعدد الذي لا يقبل الحساب. وبدلاً من ذلك، يجب على المنظِّر أن يقارب كل مستوى من الدقة باعتباره مشكلة جديدة، ثم يعالجها بطريقة مختلفة. وبعمل بارع وذكي، قد يكون ممكناً إيجاد قيمة 10% التقريبية إلى x. ولكن مثل هذا العمل البارع بالذات لن ينجح بالضرورة ليصل إلى مستوى 1%. وسيكون المنظِّر ملزماً بتجريب استراتيجية مختلفة تماماً. ومع كل تحسن في دقة التجريب، سيحتاج المنظِّر المسكين إلى أن يعمل أكثر وأكثر لكي يكتشف قيمة تقريبية تلائم القيمة المتوقعة.

وكما أشار كل من جيروتش و هارتله، فإن اكتشاف نظرية هو عادة الجزء الأصعب؛ أما تطبيقها فإجراء ميكانيكي صرف عادة. فقد نحتاج إلى عبقرية نيوتن لكي ندرك قوانين الحركة والجاذبية، ولكن يمكن برمجة الحاسب لتطبيق النظرية "على نحو أعمى" والتنبؤ بتاريخ الكسوف الشمسي القادم. في حال وجود نظرية تتنبأ بأرقام لا تقبل الحساب، فإن استخدام النظرية قد يكون صعباً جداً كصعوبة اكتشافها. ولا يمكن، في الواقع، ملاحظة تمييز واضح بين هاتين الفعاليتين.

ومن الواضح أن المنظِّرين كانوا يفضلون لو كانت نظرياتنا الفيزيائية مختلفة عما هي عليه. ولكن، لا يمكن أن نتأكد من أن تلك النظريات ستكون دائماً هكذا. فقد تكون هناك أسباب قاهرة لوجود نظرية خاصة، تنتهي إلى تقديم نبوءات لا تقبل الحساب، قد تكون حالة لوصف كمومي للزمان المكاني، كما يرى جيروتش و هارتله. فهل يجب إسقاط النظرية لذلك السبب وحده؟ وهل هناك أي سبب يعلل لماذا يجب أن يكون الكون "قابلاً للإنجاز وفقاً لخوارزمية ما"؟ لا جواب لدينا، ولكن نثق بمسألة واحدة، هي أنه لو لم يكن الكون كذلك، لانهار التشابه الوثيق جداً، من نواح أخرى، بين الطبيعة والحاسب.

فإذا ماأخذنا بقول آينشاين إن الإله بارع وليس ماكراً، فإن هذا يدفعنا إلى التسليم بأننا نعيش في كون "يقبل الحساب." وفي هذه الحال، يمكن أن نتعلم عن طبيعة البرنامج الذي يريد لنا أمثال فِرِدْكِن وتبلر أن نصدق أنه مصدر حقيقتنا؟

ما لا يمكن معرفته

لندرس للحظة حالة برنامج يستخدم في حاسب ألكتروني- ضرب سلسلة من الأرقام، مثلاً. جوهر الفكرة هو أن يكون تنظيم البرنامج، بمعنى من المعاني، أسهل من العمليات المخصص لإنجازها. وإذا لم يكن كذلك، فلا ينبغي للمرء أن يزعج نفسه بالحاسب، بل يجب عليه، ببساطة، أن ينجز العمليات الحسابية مباشرة. والطريقة الوحيدة لترجمة ذلك هي القول إنه يمكن لبرنامج حاسب مفيد أن يولِّد معلومات (في المثال، نتائج كثير من عمليات الضرب) أكثر مما يحتويه نفسه. ولكن هذا ليس أكثر من طريقة خيالية للقول إننا نبحث في الرياضيات عن قوانين بسيطة يمكن استخدامها مراراً، حتى في الحسابات المعقدة جداً. مع ذلك، لا يمكن إنجاز كافة العمليات الرياضية بواسطة برنامج أقل تعقيداً بكثير من العملية بالذات. والواقع، إن وجود أعداد لا تقبل الحساب يدل ضمناً على أنه لا يوجد برنامج من أجل بعض العمليات. وهكذا تكون بعض العمليات الرياضية بطبيعتها معقدة جداً حتى أنه لا يمكن إطلاقاً وضعها في برنامج مُدَمَّج.

وفي العالم الطبيعي، نواجه أيضاً تعقيداً هائلاً، والسؤال المطروح هو ما إذا كان يمكن التقاف وصف هذا التعقيد في وصف مدمج. وبمعنى آخر. هل الـ "برنامج الخاص بالكون" أكثر بساطة بكثير من الكون نفسه؟ هذا سؤال عويص جداً حول طبيعة العالم المادي. فإذا كان برنامج حاسب أو خوارزميته أكثر بساطة من النظام الذي يصفه، فإن النظام المذكور يجب أن يكون "قابلاً للانضغاط خوارزمياً." وهكذا، يواجهنا سؤال حول ما إذا كان الكون قابلاً للانضغاط خوارزمياً.

قبل معالجة هذا السؤال، من المفيد أن ندرس فكرة الانضغاط الخوارزمي بتفصيل أوسع قليلاً. ففي الاتحاد السوفييتي، ابتُكر موضوع نظرية المعلومات الخوارزمية في الستينات من قبل أندرييه كولموغوروف؛ وفي الولايات المتحدة، من قبل جيورجي تشايتن من IBM. وتعتمد الفكرة، في الأساس، على سؤال في غاية البساطة: ما أقصر رسالة يمكن أن تصف نظاماً إلى مستوى معين من التفصيل؟ من الواضح أنه يمكن بسهولة وصف نظام بسيط، أما النظام المعقد فلا. (لنحاول أن نصف تركيب الحيد البحري المرجاني بالعدد نفسه من الكلمات التي نحتاجها لوصف مكعب من الجليد.) ويرى تشايتن و كولموغوروف أن تعقيد شيء ما يُعرَّف بوصفه على أنه طول أقصر وصف ممكن لذلك الشيء.

فتعالوا نر كيف يستخدم هذا التعريف للأعداد. هناك أعداد بسيطة، مثل 2 أو π، وأرقام معقدة، مثل سلسلة من الواحدين والأصفار التي تنشأ عن قذف قطعة معدنية من النقد إلى الهواء (الوجوه = 0، الأقفية = 1). ما نوع الأوصاف التي يمكن أن نقدمها وتُعَرِّفَ هذه الأعداد بصورة فريدة؟ هناك استراتيجية تقضي، ببساطة، بكتابة تلك الأعداد بشكل عشري أو ثنائي (يمكن أن تعطى π فقط لقيمة تقريبية خاصة، لأن لها امتداداً عشرياً لا نهائياً). ومن الواضح أن هذا الوصف ليس هو الوصف الاقتصادي أكثر. فعلى سبيل المثال، يمكن وصف العدد π على نحو أفضل عن طريق تقديم صيغة يمكن استخدامها لحسابه إلى أية قيمة تقريبية مرغوبة. فإذا اعتبرنا الأعداد المعنية كخرج للحاسب، عندئذٍ، سيكون أقصر وصف لعدد ما هو أقصر برنامج يساعد الحاسب على إخراج ذلك العدد. وستتولد الأعداد البسيطة عن طريق برامج قصيرة، والأعداد المركبة عن طريق برامج طويلة.

والخطوة التاليـــة هي مقارنة طول العدد مع طول البرنامج الذي ولَّده. فهل هو أقصر؟ وهل تم تحقيق الانضغاط؟ ولكي نكون أكثر دقة، نفترض أنه يتم التعبير عن خرج الحاسب بصفته سلسلة من الواحدين والأصفار، مثل:

...10110101110001010011010100 (حيث نرمز " ..." إلى عبارة "وهكذا، ربما إلى الأبد"). وسيكون في هذه السلسلة محتوى معين من المعلومات، التي تقاس بـــ "البايتات Bytes." ونريد أن نقارن كمية المعلومات في الخرج مع محتوى البرنامج بالذات من المعلومات. ولكي يكون المثل بسيطاً، لنفترض أن الخرج هو:

101010101010101010101010101010

ويمكن توليد هذا الخرج بخوارزمية بسيطة "نطبع 10 خمس عشرة مرة." ويمكن توليد سلسلة خرج أطول بكثير عن طريق برنامج "اطبع 10 مليون مرة." وقلما يكون البرنامج الثاني أكثر تعقيداً من الأول، مع ذلك، فهو يولِّد معلومات أكثر بكثير. والعبرة هي أنه، إذا احتوى الخرج على أية نماذج، فإنها يمكن أن تُشَفَّر مدمجة في خوارزمية بسيطة يمكن أن تكون أقصر بكثير (بلغة بايتات المعلومات) من الخرج نفسه. وفي هذه الحالة، يقال إن السلسلة قابلة للانضغاط خوارزمياً. وعلى العكس، إذا لم يكن بالإمكان توليد السلسلة بواسطة خوارزمية أقصر بكثير منها بالذات، فإنها تكون غير قابلة للانضغاط خوارزمياً. وفي هذه الحالة، لن يكون للسلسلة أية أوجه انتظام أو أنماط أياً كانت، بل ستكون مجموعة اتفاقية من الواحدين والأصفار. وبهذه الطريقة، يمكن اعتبار مقدار الانضغاط الخوارزمي الذي يمكن تحقيقه قياساً مفيداً للبساطة أو التركيب الموجود في الخرج، واعتبار قابلية الانضغاط الضعيفة قياساً للتعقيد. فالسلاسل البسيطة، المنتظمة انضغاطية إلى حد بعيد، أما السلاسل المعقدة، اللا نمطية فأقل قابلية لذلك.

يوفر الانضغاط الخوارزمي تعريفاً دقيقاً جداً للعشوائية: المتتالية العشوائية متتالية لا يمكن ضغطها خوارزمياً. قد لا يكون سهلاً معرفة ما إذا كانت سلسلة ما قابلة للانضغاط من مجرد النظر، إذ يمكن أن تمتلك أنماطاً ذات دقة كبيرة مبيتة فيها بطريقة خفية. ويعرف كل خبير بحل الشيفرات أن

ما يبدو، لأول نظرة، خليطاً عشوائياً من الحروف قد يكون، في الواقع، رسالة منظمة؛ ولكي نعرف ذلك نحتاج إلى الشيفرة. لا يُظهِر الامتداد العشري اللامتناهي (ونظيره الثنائي) للعدد π أنماطاً واضحة إطلاقاً عبر آلاف الأرقام الأولية. ويتخطى توزيع الأرقام الأولية كافة الاختبارات القياسية للعشوائية. ومن معرفة الأرقام الألف الأولى الأولية وحدها لا توجد طريقة للتنبؤ بما سيكون عليه الرقم الأول بعد الألف الأولى. وعلى الرغم من ذلك، فإن π ليست عشوائية خوارزمياً، لأنه يمكن كتابة خوارزمية موجزة جداً لتوليد الامتداد.

يشير تشايتن إلى أنه يمكن توسيع فكرة التعقيد الرياضي هذه، على نحو مقنع، إلى منظومات فيزيائية: تعقيد منظومة فيزيائية هو طول الخوارزم الأصغري الذي يمكن أن يحاكيه أو يصفه. ولأول وهلة، تبدو هذه المقاربة اعتباطية إلى حد ما، لأننا لم نحدد نوع الحاسب الذي يجب أن نستخدمه. ويتبين في نهاية الأمر أن هذه المسألة ليست مهمة، في الواقع، لأن كافة الحواسب العالمية يمكن أن تكون متشابهة. وبالمثل، إن لغة الحاسب-ليسب[1] LISP، بيسك[2] BASIC، فورتران[3] FORTRAN - التي نختار إدخالها لا علاقة لها أيضاً. وكتابة التعليمات لترجمة لغة حاسب ما إلى أخرى مسألة واضحة. ويتبين في النهاية أن الطول الإضافي اللازم لتحويل اللغة وتشغيل البرنامج على آلة أخرى هو، من الناحية النموذجية، تصحيح بسيط جداً لطول البرنامج الإجمالي. وهكذا، لا ينبغي للمرء أن يقلق عملياً حول كيف تم صنع الحاسب الذي يستخدمه. وهذ نقطة مهمة. وتشير حقيقة أن تعريف للتعقيد مستقل آلياً إلى أنه يحيط بصفة النظام الموجودة فعلاً، وليست مجرد دالة للطريقة التي نختارها لوصفها.

---

(1) لغة برمجة قوائمية: تُمثَّل فيها التعابير على شكل قوائم. المترجم.

(2) لغة برمجة سهلة للمبتدئين. المترجم.

(3) لغة برمجة للتطبيقات العلمية والهندسية بخاصة. المترجم.

والاهتمام الأكثر مشروعية هو كيف يمكن للمرء أن يعرف ما إذا كانت أية خوارزمية خاصة هي أقصر خوارزمية ممكنة. فإذا وجدنا خوارزمية أقصر، عندئذٍ، يصبح من الواضح أن الجواب هو، لا. ولكن يصبح من غير الممكن، عموماً، أن نتأكد من أن الجواب هو، نعم. ويمكن اقتفاء أثر السبب رجوعاً إلى نظرية غوديل حول اللاثبوتية. ولنتذكر أن هذه النظرية قامت على أساس ترجمة رياضية لتناقض المرجع الذاتي "الكذوب" ("هذه الإفادة كاذبة"). وقد كيَّف تشايتن الفكرة إلى إفادات حول برامج الحاسب. فلندرس الحالة التي يعطى فيها الحاسب الأمر التالي: "ابحث عن سلسلة من الأرقام الأولية التي يمكن تكوينها فقط بواسطة برنامج أطول من هذا البرنامج." فإذا نجحت عملية البحث، فإن برنامج البحث نفسه يكون قد ولَّد هذه السلسلة من الأرقام. ولكن هذه السلسلة من الأرقام لا يمكن أن تكون عندئذٍ "السلسلة التي يمكن توليدها فقط بواسطة برنامج أطول من هذا." ويجب أن نخلص إلى نتيجة تقول إن هذا البحث سوف يفشل، حتى لو استمر إلى الأبد. فعلامَ يدل هذا إذاً؟ كان البحث مخصصاً لاكتشاف سلسلة من الأرقام الأولية ضرورية لتوليد برنامج كبير، على الأقل، كبرنامج البحث، ومعنى هذا أن نستبعد أي برنامج أقصر. ولكن، عندما يفشل البحث، فإنه لا يمكن أن نستبعد برنامجاً أقصر. ونحن، ببساطة، لا نعرف عادة ما إذا كان يمكن ترميز سلسلة من الأرقام الأولية في برنامج أقصر من البرنامج الذي صدف أن اكتشفناه.

تنطوي نظرية تشايتن على مضمون مهم بالنسبة للمتتاليات العددية العشوائية، أي، سلاسل الأعداد العشوائية الأولية. وكما أوضحنا، فإن متتالية عشوائية هي المتتالية التي لا يمكن ضغطها خوارزمياً. ولكن، كما رأينا تواً، لا يمكن للمرء أن يعرف ما إذا كان هناك برنامج أقصر، أو غير موجود، لتكوين تلك المتتالية. ولا يمكنه أن يعرف ما إذا كان اكتشف كافة الحيل لاختصار الوصف. ولهذا، لا يمكنه عادة أن يُثبت أن المتتالية عشوائية، مع أنه يمكن أن يدحضها عن طريق اكتشافه فعلاً لانضغاط ما. هذه النتيجة أكثر

غرابة، لأنه يمكن أن يثبت أن كافة السلاسل العددية الأولية تقريباً هي سلاسل عشوائية، ولكنه فقط لا يعرف أيها العشوائية على وجه الدقة.

ووفقاً لهذا التعريف، من الآسر الظن بأن الحوادث التي تبدو لنا عشوائية في الطبيعة قد لا تكون عشوائية إطلاقاً. فعلى سبيل المثال، لا يمكن أن نتأكد من أن لا حتمية الميكانيكا الكمومية قد لا تكون كذلك. مع ذلك، تكفل نظرية تشايتن أنه لا يمكن أبداً أن نُثبِتَ أن حصيلة متتالية من قياسات الميكانيكا الكمومية هي عشوائية فعلاً. ولا ريب في أنها تبدو عشوائية، ولكن، هكذا تبدو الأعداد الأولية لـــ π. وما لم يكن لدينا "شيفرة" أو خوارزمية تكشف النظام المستبطن، فإننا قد نتعامل أيضاً مع شيء ما عشوائي حقاً. فهل يوجد هناك ما هو أكثر تعقيداً من "شيفرة كونية،" أي خوارزم يمكن أن يولِّد النتائج لأحداث كمومية في العالم الفيزيائي، وبالتالي، يعرض اللاحتمية الكمومية على اعتبارها وهماً؟ هل يمكن أن تكون هناك "رسالة" في هذه الشيفرة تتضمن بعض الأسرار العميقة للكون؟ أخذ بهذه الفكرة سابقاً بعض اللاهوتيين، الذين لاحظوا أن اللاحتمية الكمومية تقدم نافذة لله لكي يؤثر في الكون، لكي يتصرف على المستوى الذري عن طريق "تحميل النرد الكمومي،" دون انتهاك قوانين الفيزياء الكلاسيكية (أي، اللاكمومية). بهذه الطريقة، يمكن أن تترك أهداف الله بصماتها على كون مطواع دون إزعاج علماء الفيزياء كثيراً. وسأعمل، في الفصل التاسع، على وصف اقتراح محدد من هذا النوع.

أما وقد تسلح تشايتن بتعريفه الخوارزمي، فإنه أصبح قادراً على إثبات أن العشوائية تغزو الرياضيات، بما في ذلك الحساب. ولكي يحقق ذلك، اكتشف معادلة رهيبة تحتوي على سبعة عشر ألف متغير (تعرف تقنياً بمعادلة ديوفنتين)(1). تحتوي المعادلة على بارامتر K يمكن أن يأخذ قيم الأعداد الصحيحة 1، و 2، و3، وهلم جرا. وراح تشايتن يتساءل الآن حول ما إذا كان لمعادلته

---

(1) معادلة متعددة الحدود، الأعداد المُنطقَة مجاهيل بالنسبة لها. المترجم.

المخيفة ، فيما يتعلق بقيمة مفترضة لــ K، عدد متناه أو لا متناه من الحلول. ويمكن للمرء أن يتخيل الانتقال تباعاً بصعوبة عبر كل قيمة من قيم K، مسجلاً الأجوبة التالية: "متناه، "متناه،" "لا متناه،" "متناه،" "لا متناه،" "لا متناه." ...هل سيكون هناك أي نمط لهذه المتتالية من الأجوبة؟ وقد أثبت تشايتن أنه لن يكون هناك مثل هذا النمط. فإذا مثَّلنا "المتناهي" بــ 0 و "اللا متناهي" بــ 1، عندئذٍ، لا يمكن ضغط سلسلة الأرقام الأولية الناتجة ... 001011. وستكون عشوائية.

تنطوي هذه النتيجة على مضامين مروعة. فهي تعني، بشكل عام، أنه لو اختار المرء قيمة ما لــ K، فإنه سوف لا يجد وسيلة لمعرفة ما إذا كان لمعادلة ديوفنتين الخاصة عدداً متناهياً، أو لا متناهياً، من الحلول دون التحقق من ذلك بوضوح. وبمعنى آخر، ليس هناك إجراء منهجي لاتخاذ قرارات مسبقة حول الإجابات على الأسئلة الرياضية الواضحة تماماً، بل إنها ستكون عشوائية. ولا يمكن البحث عن عزاء على ضوء واقع أن معادلة ديوفنتين ذات المتغيرات السبعة عشر ألفاً هي، إلى حد ما، شذوذ رياضي خاص. وعندما تدخل العشوائية إلى الرياضيات، فإنها تغزوها تماماً. والصورة الشائعة للرياضيات كمجموعة من حقائق دقيقة، تترابط مع بعضها بعضاً بواسطة مسارات منطقية محددة تماماً، تبيَّن أنها زائفة. فهناك، في الرياضيات عشوائية، وبالتالي شك، تماماً كما هي الحال مع الفيزياء. إن الله، وفقاً لما يقوله تشايتن، لا يلعب النرد فقط في الميكانيكا الكمومية، بل أيضاً بكامل الأعداد. ويعتقد تشايتن أنه يجب أن يجري التعامل مع الرياضيات كما يجري التعامل مع العلوم الطبيعية، التي تعتمد النتائج فيها على مزيج من المنطق والاكتشاف والتجريبي. ويمكن لأحدنا أن يتنبأ بإحداث جامعات تضم أقساماً للرياضيات التجريبية.

هناك تطبيق مضحك لنظرية المعلومات الخوارزمية يتعلق بعدد لا يمكن حسابه يُعرَف تحت اسم أوميغا، ويعرّفه تشايتن باحتمال أن يتوقف برنامج الحاسب إذا كان دخله يتألف من مجرد سلسلة عشوائية من الأعداد

الثنائية. واحتمال شيء ما هو عدد بين 0 و 1: قيمة 0 توازي شيئاً مستحيلاً، وقيمة 1 توازي شيئاً حتمياً. ومن الواضح أن أوميغا سيكون قريباً من 1، لأن معظم الدخول العشوائية سوف تبدو هراء بالنسبة للحاسب، الذي سيتوقف بسرعة ليعرض رسالة خطأ. مع ذلك، يمكن أن يظهر أن أوميغا غير قابل للانضغاط خوارزمياً، وامتداده الثنائي أو العشري يكون عشوائياً تماماً بعد الأرقام الأولية القليلة الأولى. وبما أن أوميغا يُعرَّف بدلالة مشكلة التوقف، فإنه يُشَفِّر حلاً لمشكلة التوقف في متتالية أعداده الأولية. وهكذا، سوف تحتوي الأرقام الأولية الأولى n في الامتداد الثنائي لأوميغا الجواب لمشكلة أي البرامج الرقمية-n سيتوقف وأيها سيعمل إلى الأبد.

أشار تشارلز بنِت إلى أن كثيراً من المشكلات البارزة غير المحلولة في الرياضيات، كنظرية **فِرما** الأخيرة، يمكن أن تصاغ على اعتبارها مشكلة توقف، لأنها تتألف من تخمينات بأن شيئاً ما غير موجود (في هذه الحالة مجموعة من الأعداد تفي بشروط نظرية فِرما). ويحتاج الحاسب فقط إلى البحث عن نموذج مقابل. فإذا وجد واحداً، فإنه سوف يتوقف؛ وإذا لم يجد، فإنه سوف يفرقع إلى الأبد. علاوة على ذلك، يمكن ترميز المشكلات الأكثر أهمية في برامج طولها بضعة أرقام ألفية أولية. وهكذا، فإن مجرد معرفة أرقام أوميغا الألفية القليلة الأولى يهيء لنا مدخلاً إلى حل كافة المشكلات الرياضية البارزة من هذا النمط، إضافة إلى مشكلات أخرى تحمل التعقيد نفسه الذي قد يُصاغ في المستقبل! ويكتب بنِت، "إنهـــا تتضمن قدراً كبيراً من الحكمة في حيز صغير جداً، وبما أن أرقامها الأولية الألفية القليلة الأولى، التي يمكن كتابتها على قطعة صغيرة من الورق، فإنها تحتوي على أجوبة لأسئلة رياضية أكثر مما يمكن كتابته في كامل الكون."

ومن سوء الحظ أنه لا يمكن الكشف عن أوميغا بالطرق الاستنتاجية مهما عملنا في سبيل ذلك، لكونه عدداً لايمكن حسابه. وإذن، لا يمكن أبداً أن

نعرف أوميغا مع الافتقار إلى إلهام صوفي. وحتى لو قدر لنا أن نعرفه عن طريق رسالة مقدسة، فإننا لن نميز الغرض منه، لأنه لن يزكي نفسه لنا كشيء خاص في أي جانب، لكونه عدداً عشوائياً. وسيكون مجرد خليط من أرقام أولية لا نمطية. وكل ما نعرفه هو أن قطعة مهمة من أوميغا يمكن أن تُكتَب في كتاب مدرسي في مكان ما.

الحكمة التي ينطوي عليها أوميغا حكمة حقيقية، ولكن تحجبها عنا دائماً قيود المنطق والتناقضات الظاهرية للمرجعية الذاتية. قد يكون أوميغا الذي لا سبيل إلى معرفته هو المثيل العصري لـــ "الأعداد السحرية" عند قدامى الأغريق. ويتحدث بنِت حول ذلك بشاعرية واقعية:

دأب الفلاسفة والصوفيون، عبر التاريخ، على البحث عن تفسير رصين للحكمة الكونية، صيغة أو نص محدد، يهيء، عند معرفته أو فهمه، جواباً لكل سؤال. وكان يُنظَر إلى الكتب الدينية، كالكتاب المقدس، والقرآن، وكتب هرميز[1] الأسطورية السرية، والقبلانية اليهودية في العصور الوسطى، على أنها هي ذلك النص. ومصادر الحكمة الكونية المصونة تقليدياً من الاستخدام العرضي عن طريق صعوبة اكتشافها، وصعوبة فهمها عند اكتشافها، وخطر استخدامها، تميل إلى الإجابة على أسئلة أكثر وأعمق مما يريد من يستخدمها أن يسأل عنه. والكتاب المعد لفئة قليلة، مثله مثل الإله، يكون بسيطاً مع أنه لا يمكن وصفه، كلي العلم، ويغير كل ما يعرفه ... أوميغا، بكثير من المعاني، عدد قبلاني. ويمكن معرفته، إنما لا يُعرَف، بواسطة التفكير الإنساني. ولمعرفته بالتفصيل، يجب على المرء أن يسلِّم بمتتاليته الرقمية غير القابلة للحساب حول الإيمان، ككلمات في نص مقدس.

---

(1) رسول الآلهة عند الأغريق، وإله الطرق والتجارة والاختراع والفصاحة والمكر واللصوصية. المترجم.

البرنامج الكوني

توفر نظرية المعلومات الخوارزميـــة تعريفاً دقيقاً جداً للتعقيد الذي يقوم على أساس فكرة الحساب. وإذا تابعنا فكرتنا حول العالم كحاسب، أو، بشكل أدق، كعملية حساب، فإن السؤال الذي يطرح هو ما إذا كان التعقيد الهائل للكون قابلاً للانضغاط خوارزمياً. فهل هناك برنامج موجز يمكن أن "يولِّد" كوناً بكل تفصيله المعقد؟

من الواضح أن الكون ليس عشوائياً، على الرغم من تعقيده. فنحن نلاحظ وجوه انتظامه. الشمس تشرق كل يوم وفقاً لبرنامج، والضوء ينتقل دائماً بالسرعة نفسها، وتتلاشى مجموعة الميونات[1] muons بعمر نصف قدره 1000000/2 ثانية، وهلمجرا. ووجوه الانتظام هذه تُصنَّف منهجياً إلى ما يدعى بالقوانين. وكما أكدت سابقاً، فإن قوانين الفيزياء مشابهة لبرامج الحاسب. فعلى ضوء الحالة الأولية لمنظومة ما (الدَّخْل)، يمكننا أن نستخدم القوانين لحساب الحالة اللاحقة (الخَرْج).

إن ما تحتويه القوانين من معلومات إضافة إلى الشروط الأولية أقل عادة بكثير مما هي عليه في الخرج المحتمل. ولا شك في أن قانوناً فيزيائياً قد يبدو بسيطاً عندما يُكتَب على الورق، ولكنه يُصاغ عادة بلغة الرياضيات التجريدية، التي تحتاج بدورها إلـــى فـــك رموزها. ولا تزال المعلومات اللازمة لفهم الرموز الرياضية محصورة فـــي بضعة كتب مدرسية، فـــي حين أن عدد الحقائق التي تصفها تلك النظريات غير محدودة. والتنبؤ بحوادث الخسوف والكسوف هو المثل التقليدي على ذلك. فمعرفة موقع وحركة الأرض، والشمس، والقمر في وقت ما يساعدنا على التنبؤ بتاريخ تلك الحوادث القادمة والماضية. وعلى هذا النحو، فإن

(1) جمع ميون، أو ميوميزون: جزيء نووي لحظي البقاء. المترجم.

مجموعة واحدة من معلومات الدخل تنتج الكثير من مجموعات الخرج. يمكن أن نقول، باستخدام رطانة الحاسبة، إن مجموعة المعلومات حول حوادث الخسوف والكسوف كانت قد ضُغِطَت خوارزمياً إلى قوانين إضافة إلى شروط أولية. وبناء على ذلك، تكون أوجه الانتظام التي نراها في الكون مثالاً على قابليته للانضغاط خوارزمياً. فبساطة الفيزياء تستبطن تعقيد الطبيعة.

من اللافت أن يهتم واحد من مؤسسي النظرية الخوارزمية للمعلومات، هو راي سولومونوف، بهذه الأنواع من المسائل. فقد أراد أن يكتشف طريقة لقياس المعقولية النسبية للفرضيات العلمية المتنافسة. فإذا كان يمكن تفسير مجموعة معلومة من الحقائق حول الكون بأكثر من نظرية واحدة، فكيف نختار بين تلك النظريات؟ فهل يمكن أن نحدد نوعاً ما من "قيمة" كمية للفرضيات المتنافسة؟ والجواب الموجز هو استخدام قاعدة أوكهام: نختار النظرية التي تحتوي على أقل عدد من الافتراضات المستقلة. والآن، إذا اعتبر المرء نظرية ما كبرنامج لحاسب، وحقائق الطبيعة كخرج لذلك البرنامج، عندئذٍ، تلزمنا قاعدة أوكهام باختيار أقصر برنامج يمكنه أن ينتج ذلك الخرج الخاص. أي يتوجب علينا أن نفضل النظرية، أو البرنامج، الذي يقدم أكبر انضغاط خوارزمي للحقائق.

وبهذه الطريقة، اعتبر المشروع العلمي بكامله بحثاً عن انضغاط خوارزمي للمعطيات العيانية. ومع ذلك، يبقى هدف العلم هــو إنتاج وصف مختصر للعالم يقوم على أســـاس توحيد ما للمبادىء الرئيسة التي تسميها قوانين. ويكتب براو، "دون تطوير انضغاط خوارزمي للمعطيات، سوف يستبدل العلم بأجمعه بعملية غبية لتجميع الطوابع-تكديس غير متجانس لكل حقيقة متيسرة. فالعلم يستند إلى الإيمان بأن الكون قابل للانضغاط خوارزمياً وأن البحث الحديث عن نظرية شمولية هو التعبير النهائي عن ذلك الإيمان،

إيمان بأن هناك تمثيلاً مختصراً للمنطق خلف خواص الكون التي يمكن للكائنات الإنسانية أن تدونها بشكل نهائي."

وعلى هذا، هل يمكن أن نستنتج أن التعقيد الكوني يمكن ضغطه إلى "برنامج كوني" وجيز جداً، تماماً، كما يُختصَر التعقيد في كون (الحياة) إلى مجموعة بسيطة من القواعد التي يتكرر استخدامها؟ وعلى الرغم من وجود الكثير من الأمثلة الواضحة للانضغاط الخوارزمي في الطبيعة، فإنه لا يمكن ضغط كل نظام على هذا النحو. فهناك صنف من العمليات، تعرف بـــ "الشواشية" لم تعرف أهميتها إلا مؤخراً. وهذه العمليات لا تظهر انتظاماً. ويبدو سلوكها عشوائياً تماماً. وعلى هذا، فهي غير قابلة للانضغاط خوارزمياً. وساد الاعتقاد بأن الشـــواش كان استثنائياً نوعاً ما، ولكـــن العلماء انتهوا إلى القبول بأن الكثير جداً من الأنظمة الطبيعية هي شواشية، أو يمكن أن تصبح شواشية تحت تأثير شروط معينة. ومن الأمثلة المعروفة علـــى ذلك السوائل المضطربة، وصنابير التقطير، والقلوب الراجفة، ورقاصات الساعات المُدارة.

ومع أن الشواش شائع تقريباً، فمن الواضح، بوجه عام، أن الكون ليس عشوائياً. فنحن نميز أنماطاً في كل مكان ونصنفها إلى قوانين تتمتع بقدرة تنبؤية. ولكن الكون أيضاً بعيد عن أن يكون بسيطاً. فهو يمتلك نوعاً مراوغاً من التعقيد الذي يضعه، إلى حد ما، بين البساطة من جهة والعشوائية من جهة أخرى. والطريقة الوحيدة للتعبير عن هذه الصفة هي القول إن الكون يتميز بـــ "تعقيد منظم" وهو موضوع ناقشته مطولاً في كتابي **تصميم الكون**. وقد بُذلَت محاولات كثيرة في سبيل فهم رياضي لهذا العنصر المراوغ الذي يدعى التنظيم. قام بإحداها تشارلز بِنِت، وتضمنت شيئاً ما أُطلِقَ عليه اسم "العمق المنطقي." وهذا العمق يركز بدرجة أقل على كمية التعقيد أو كمية المعلومات اللازمة لوصف نظام ما، وبدرجة أكبر على نوعيتها، أو "قيمتها."

ويوضح بِنِت:

«إن تتابعاً نموذجياً لعمليات قذف قطعة من النقود يحتوي على قدر كبير من المعلومات، مع ضآلة أهمية الرسالة ؛ والزيج، الذي يعطي مواقع القمر، والكواكب يومياً على مدى مئة سنة، لا يحتوي على معلومات أكثر من معادلات الحركة والشروط الأولية التي تم حسابها خوارزمياً من تلك المعادلات، ولكنه يوفر على مقتنيه مشقة حساب هذه المواقع من جديد. ويبدو أن أهمية رسالة ما تكمن ... فيما يمكن تسميته بإسهابها الدفين- الأجزاء التي لا يمكن التنبؤ بها إلا بصعوبة، وأشياء يمكن للمتلقي، من حيث المبدأ، أن يكتشفها دون إعلام، ولكن فقط بكلفة كبيرة في الوقت، والمال والحساب. وبمعنى آخر، إن قيمة الرسالة هي كمية العمل الرياضي أو غيره الذي يبذله مُنشِؤها بمعقولية، بما يوفر التكرار على المتلقي».

يدعونا بِنِت إلى اعتبار حالة العالم وكأنه يحمل ضمناً معلومات مشفرة، معلومات حول الطريقة التي تم فيها الوصول إلى تلك الحالة في المقام الأول. وبعدئذٍ، تطرح مسألة كمية "العمل" الذي توجب على النظام أن يبذلها -أعني، كم استمرت معالجة المعلومات- للوصول إلى تلك الحالة. وهذا هو العمق المنطقي الذي يشير إليه. وتحدد كمية العمل بدقة عن طريق تعريفها بلغة الوقت الذي يستهلكه حساب الرسالة من أقصر برنامج سيولّدها. وبينما يركز التعقيد الخوارزمي على طول أصغر برنامج لتقديم خرج معين، فإن العمق المنطقي يهتم بوقت التشغيل لأصغر برنامج لتوليد ذلك الخرج.

لا شك في أنه لا يمكن لأحدنا أن يعرف بدقة، عن طريق النظر فقط إلى خرج حاسب ما، كيف تم إنتاج ذلك الخرج. فحتى الرسالة الواضحة تماماً وذات المغزى يمكن أن تكون أُنتجَت بعمليات عشوائية. في ذلك المثال المبتذل، يمكن لقرد، لو أُتيحَت له الفرصة، أن يطبع أعمال شكسبير. ولكن، وفقاً لأفكار النظرية الخوارزمية للمعلومات (و قاعدة أوكهام)، فإن التفسير

الأكثر معقولية للخرج يكون بتعيين سببه ببرنامج أصغري، لأن ذلك يتضمن أقل عدد من الافتراضات المسلم بها جدلاً.

ليضع أحدنا نفسه في موقع فلكي في مرصد إشعاعي يلتقط إشارة غامضة. فعند ترتيب الذبذبات في متتالية، فإنها تشكل المليون الأول من أرقام π الأولية. فماذا يستنتج؟ الاعتقاد بأن الإشارة عشوائية يتطلب مليون بايت من الافتراضات المسلم بها جدلاً، بينما التفسير البديل- أي أن الرسالة أنشئت بآلية ما مبرمجة لحساب π- سيكون أكثر معقولية. والحقيقة هي أن حادثة واقعية من هذا النوع حدثت في الستينيات، عندما التقط جوسلين بلّ، طالب دكتوراه الفلسفة الذي كان يعمل مع أنتوني هُوويش في علم الفلك الراديوي، ذبذبات منتظمة من مصدر مجهول. وبسرعة، رفض كل من بلّ و هوويش فرضية أن الذبذبات اصطناعية. وعلى خلاف أرقام π الأولية، فإن لسلسلة الذبذبات المتباعدة بدقة عمقاً منطقياً ضئيلاً- إنها سطحية منطقياً. وهناك كثير من التفسيرات المعقولة التي تتضمن القليل من الافتراضات المسلم بها جدلاً لنموذج نظامي كهذا، لأن الكثير من الظواهر الطبيعية هي ظواهر دورية. وفي هذه الحالة، تم بسرعة تحديد المصدر بنجم نيوتروني دوّار، أو نابض.

الأنماط البسيطة سطحية منطقياً، لأنه يمكن توليدها بسرعة بواسطة برامج قصيرة وبسيطة. والأنماط العشوائية سطحية أيضاً، لأن برنامجها الأصغري، بالتعريف، ليس أقصر بكثير من النموذج نفسه، ومرة أخرى أيضاً، يكون البرنامج قصير وبسيط جداً: نحتاج فقط إلى أن نقول شيئاً ما مثل "اطبع النمط." ولكن الأنماط العالية التنظيم عميقة منطقياً، لأن توليدها يتطلب القيام بكثير من الخطوات المعقدة.

إن التطبيق الوحيد الواضح للعمق المنطقي يكون على الأنظمة البيولوجية، التي توفر الأمثلة الأكثر وضوحاً للتعقيد المنظم. فالمتعضّي الحي يتمتع بعمق منطقي كبير، لأنه ما كان له أن ينشأ بصورة معقولة إلا من خلال سلسلة طويلة ومعقدة جداً من العمليات التطورية. ويمكن أن نجد مثالاً

آخر للنظام العميق في الأنماط المعقدة التي تولِّدها الآلات الخلوية الآلية التشغيل كآلة لعبة (الحياة). وفي كل الحالات، تكون القاعدة المستخدمة بسيطة جداً، وهكذا، فإن هذه الأنماط تحمل، فعلاً، تعقيداً ضئيلاً من وجهة النظر الخوارزمية. ويكمن جوهر تعقيد *(الحياة)* ليس في القواعد، وإنما في تكرار استخدامها. وعلى الحاسب أن يعمل بجد مستخدماً القاعدة مراراً قبل أن يتمكن من إنتاج أنماط عميقة التعقيد من الحالات الأولية البسيطة.

العالم زاخر بالأنظمة العميقة، التي تُظهِر دليلاً على ضخامة "العمل" في تشكيلها. فقد علق موراي جلّ- مان مرة أمامي بالقول إنه يمكن تمييز الأنظمة العميقة لأنها هي الأنظمة التي نريد المحافظة عليها. ويمكن بسهولة إعادة بناء الأشياء الضحلة. فنحن نقيّم الصور الزيتية، والنظريات العلمية، والأعمال الموسيقية والأدبية، والطيور النادرة، والأحجار الكريمة في ضوء صعوبة صناعتها. ونقيِّم، بدرجة أدنى، السيارات، والبلورات الملحية، وصفائح القصدير؛ فهي ضحلة نسبياً.

إذاً، ما الذي يمكن أن نستنتجه حول البرنامج الكوني؟ تحدث العلماء بحرية، على مدى قرون، عن عالم "نُظِّمَ" دون تمييز واضح بين مختلف أنواع النظام: البسيطة والمعقدة. وقد مكّنتنا دراسة عملية الحساب من معرفة العالم يُنظَّم بمعنى كونه قابلاً للانضغاط خوارزمياً، وبمعنى أنه يتضمن عمقاً. ونظام الكون أكثر من مجرد تناسق مقدر بصرامة، وهو أيضاً تعقيد منظم، ومن ذلك التعقيد يستمد انفتاحه ويسمح بوجود الكائنات الإنسانية ذات الإرادة الحرة. لقد سيطر العلم، على مدى ثلاثمئة سنة، عن طريق المفهوم الأول: البحث عن نماذج بسيطة في الطبيعة. وفي السنوات الأخيرة، ومع ظهور الحواسب الألكترونية السريعة، تم فهم الطبيعة الأساسية فعلاً للتعقيد. وهكذا، نرى أن لقوانين الفيزياء عملاً مضاعفاً. فعليها أن تؤمّن الأنماط البسيطة التي تستبطن كافة الظواهر الفيزيائية، وعليها أيضاً أن تكون من الصيغة التي تساعد على ظهور عمق-تعقيد منظم. وقوانين عالمنا التي تمتلك هذه السمة الثنائية الحاسمة هي، حرفياً، حقيقة المغزى الكوني.

الفصل السادس

السـر الـرياضـي

صرح الفلكي جيمس جينز مرة بأن الله عالم رياضيات. وتوضح عبارته البليغة بلغة مجازية نوع الإيمان الذي يتبناه اليوم كل العلماء. فالاعتقاد بأن النظام المستبطن للعالم والذي يمكن تعليله بصيغة رياضية يقع في صميم العلم، وقلما كان موضع شك. وقد بلغ هذا الاعتقاد من العمق درجة سلَّم معها هؤلاء العلماء بأنه لا يمكن فهم فرع من فروع العلم على نحو مناسب دون صوغه باللغة الموضوعية للرياضيات.

وكما رأينا سـابقاً، تعود فكـرة أن العالم الفيزيائي هـو مظهر النظام الرياضي والانسجام في الكون إلى اليونانيين القدماء. وقد بلغت هذه الفكرة سن الرشد في أوروبا، في عصر النهضة، على يد غاليلة، ونيوتن، وديكارت، ومعاصريهم. فقد رأى غاليلة أن "كتاب الطبيعة كُتِبَ بلغة رياضية." أما سبب ذلك، فهو سر من الأسرار الكبيرة للكون. وكتب عالم الفيزياء يوجين فاغنر عن "الفعالية غير المعقولة للرياضيات في العلوم الطبيعية،" مستشهداً بـ. بيرس أنه "ربما كان هناك سر ما ينتظر الكشف عنه." وفي عام 1990، نُشِر كتاب كرِّس لهذا الموضوع ويحتوي على مقالات كتبها تسعة عشر عالماً (ومن بينهم مؤلف هذا الكتاب)، ولكنهم فشلوا في الكشف عن هذا السر، أو حتى في التوصل إلى أي إجماع. وتراوحت الآراء من آراء أولئك الذين يؤكدون بأن الكائنات الإنسانية اخترعت ببساطة

الرياضيات لمواكبة حقائق التجربة، إلى آراء أولئك الذين هم على قناعة بأن هناك مغزى عميقاً وهادفاً خلف الوجه الرياضي للطبيعة.

هل الرياضيات موجودة "هناك" من قبل؟

ولكن، ما الرياضيات؟ هذا ما يجب أن نفهمه قبل أن نحاول معالجة موضوع "فعاليتها اللامعقولة." هناك مدرستان فكريتان متعارضتان تماماً فيما يخص طبيعة الرياضيات. تؤمن المدرسة الأولى بأن الرياضيات هي، بكل معنى الكلمة، اختراع إنساني، وتؤمن المدرسة الثانية بوجود مستقل لها. وكنا رأينا في الفصل الرابع رواية لـــ "الاختراع" أو تفسير الصوريين، وذلك في دراستنا لبرنامج هلبرت حول مكننة اختبار نظرية. كان يمكن للمرء، قبل مؤلَّف غوديل، أن يعتقد بأن الرياضيات ممارسة صورية كلياً، تتألف مما ليس أكثر من مجموعة واسعة من العلاقات المنطقية التي تربط مجموعة من الرموز بمجموعة أخرى. وقد اعتبر هذا الصرح كبناء تام في ذاته. وكان يجب اعتبار الصلة بالعالم الطبيعي، أياً كانت، متطابقة وليست وثيقة الصلة، إطلاقاً، بالمشروع الرياضي نفسه، لأن هذا يهتم فقط بدراسة واستطلاع نتائج القواعد الصورية. وكما أوضحنا في الفصول السابقة، فإن نظرية النقص عند غوديل أجهزت على الموقف الصارم للصوريين. وعلى الرغم من ذلك، فإن الكثير من علماء الرياضيات بقي على قناعته بأن الرياضيات من ابتكار العقل الإنساني، ولا تتضمن أي معنى غير ذلك الذي يعزوه إليها أولئك العلماء.

وتعرف المدرسة المعارضة بالمدرسة الأفلاطونية. ويجب أن نتذكر أن أفلاطون كان يحمل رؤية ثنائية للواقع. فمن جهة، يقف العالم الفيزيائي المتغير الزائل، الذي كوَّنه خالق الكون المادي. ويقف، في الجهة الأخرى، عالم المثل، الخالد الثابت، الذي يمثل نوعاً من نموذج مجرد للعالم الفيزيائي. وكان يرى أن المواضيع الرياضية تنتمي إلى هذا العالم المثالي. ووفقاً لما

يقوله أتباع الأفلاطونية، فإننا اكتشفنا علم الرياضيات ولم نبتكره. فالمواضيع والقواعد الرياضية تتمتع بوجود مستقل: فهي تسمو على الواقع الفيزيائي الذي يواجه حواسنا.

ولتشديد التركيز على هذه الثنائية، تعالوا نُلْقِ نظرة على مثال محدد. لندرس الإفادة "ثلاثة وعشرون هو أصغر عدد أولي أكبر من عشرين." هذه الإفادة إما أن تكون صحيحة أو خاطئة. وهي صحيحة في الواقع. والمسألة التي تواجهنا هي ما إذا كانت صحيحة بمعنى أزلي، مطلق. فهل كانت صحيحة قبل ابتكار/اكتشاف الأعداد الأولية؟ يجيب أتباع أفلاطون بـــ "نعم،" لأن الأعداد الأولية موجودة، بشكل مجرد، سواء عرفت بها الكائنات الإنسانية أم لا. ويرفض الصوريون هذه المسألة على اعتبارها دون معنى.

ماذا يظن العلماء المشتغلون بالرياضيات؟ فكثيراً ما يقال إن علماء الرياضيات أفلاطونيون في بحر الأسبوع وصوريون في نهايته. فعلى الرغم من أنهم يعملون في الرياضيات، إلا أنه يصعب على المرء أن يقاوم الانطباع بأنهم منهمكون فعلاً في عملية اكتشاف، كما لو كانوا يعملون في علم تجريبي. والأشياء الرياضية تتخذ حياة خاصة بها، وكثيراً ما تتكشف عن خاصيات غير متوقعة أبداً. ومن ناحية أخرى، إن فكرة عالم متسام للأفكار الرياضية تبدو فكرة صوفية جداً لا يسلم بها الكثيرون من علماء الرياضيات، وإذا ماوضعوا أمام الاختبار، فإنهم يدَّعون عادة بأنهم عندما ينهمكون في بحث رياضي فإنما هم يلهون فقط بألعاب بالرموز والقوانين.

ومع ذلك، يعترف بعض علماء الرياضيات البارزين أنهم أفلاطونيون. وكورت غوديل واحد من هؤلاء. وكما يمكن أن نتوقع، فإن غوديل أسس فلسفته في الرياضيات على بحثه حول اللاثبوتية. فقد استنتج أنه ستكون هناك دائماً عبارات رياضية صحيحة ولكن لا يمكن أبداً إثبات صحتها من البديهيات الموجودة. لقد تخيل هذه التعابير الصحيحة وكأنها موجودة سابقاً "هناك" في

النطاق الأفلاطوني، فوق مدى إدراكنا. وكتب أفلاطوني آخر هو روجر بنروز من أوكسفورد "الحقيقة الرياضية هي شيء ما يتجاوز مجرد الصورية. فكثيراً ما يتضح أن هناك حقيقة ما عميقة حول هذه المفاهيم الرياضية، تتجاوز تماماً تأملات أي عالم رياضي مميز. وكأن التفكير الإنساني، بدلاً من ذلك، يُوجَّه نحو حقيقة خارجية أبدية–حقيقة لها واقعها الخاص، والتي تظهر جزئياً فقط لأي منا." ويضرب لذلك مثلاً الأعداد المركبة، فيشعر بنروز بأن لها "واقعاً عميقاً وأزلياً."

هناك مثل آخر دفع بنروز إلى تبني الأفلاطونية هو "مجموعة مندلبورت" نسبة إلى بنوا مندلبورت، من IBM. والمجموعة شكل هندسي تعرف باسم "فراكتال fractal،" تتصل بقوة بنظرية الشواش، ويقدم مثالاً مهماً آخر حول كيف يمكن لعملية تكرارية بسيطة أن تنتج شيئاً غنياً إلى حد لا يصدق بالتنوع والتعقيد. ويتم تكوين المجموعة بتطبيقات متتالية للقاعدة (أو تخطيط) $z \rightarrow z^2 + c$، حيث z عدد مركب و c عدد ما مركب ثابت. وتعني القاعدة ببساطة: لنختر عدداً مركباً z ونستبدله بـــ $z^2 + c$، ثم نأخذ هذا العدد ليصبح z ونقوم بعملية الاستبدال نفسها، وهكذا، مرة بعد أخرى. ويمكن تعيين الأعداد المركبة المتتالية على صحيفة من الورق (أو شاشة حاسب) كما تطبق القاعدة، كل عدد يُمثَّل بنقطة. وما نجده فيما يخص بعض خيارات c، فإن النقطة تترك الشاشة بسرعة. ولكن، بخصوص الخيارات الأخرى، فإن النقطة تطوف باستمرار ضمن منطقة محددة. والآن، كل خيار لـــ c بالذات يوافق نقطة على الشاشة. ومجموعة نقاط c كلها تشكل مجموعة مندليورت. وتتمتع هذه المجموعة بتركيب معقد إلى حد استثنائي إلى درجة يستحيل معها تصوير جمالها المؤثر بالكلمات. وقد استُخدم الكثير من أمثلة أجزاء المجموعة لعروض فنية. والسمة المميزة لمجموعة مندليورت هي أن أي جزء منها يمكن أن يُضخَّم مراراً دون قيد، وكل طبقة جديدة من الاستبانة تولِّد ثراء ومباهج جديدة.

ويلاحظ بنروز أنه، عندما باشر مندليورت دراسته للمجموعة، لم يكن لديه تصور حقيقي مسبق للتعقيد الهائل الذي تنطوي عليه:

في الواقع، لا يمكن لأي منا أن يدرك تماماً التفاصيل الكاملة للتعقيد الذي ينطوي عليه تركيب مجموعة مندلبورت، ولا يمكن إظهاره كاملاً بواسطة أي حاسب. ويبدو أن هذا التركيب ليس مجرد جزء من عقولنا، وإنما له واقعه الخاص ... لأن الحاسب يستعمل، بصورة أساسية، بالطريقة نفسها التي فيها يستخدم الفيزيائي التجريبي قطعة من جهاز تجريبي لاستكشاف تركيب العالم الفيزيائي. ومجموعة مندلبورت ليست من ابتكار العقل الإنساني: إنها اكتشاف. وهي موجودة هناك، تماماً كجبل إيفيرست!

يتفق مع هذا الاستنتاج عالم الرياضيات والمُبَسِّط المعروف مارتن غاردنر: "اكتشف بنروز (كما اكتشفت أنا) أنه من غير المعقول بالنسبة لأي كان أن يفترض أن هذا التركيب الغريب ليس موجوداً 'هناك' كجبل إيفيرست، يخضع للاستكشاف بالطريقة التي تستكشف فيها غابة."

ويسأل بنروز، "هل الرياضيات علم أم اكتشاف؟" وهل مضى علماء الرياضيات بعيداً باختراعاتهم حتى صبغوها بواقع زائف؟ "أم أنهم كشفوا النقاب عن حقائق هي، في الواقع، موجودة 'هناك' من قبل–حقائق وجودها مستقل تماماً عن نشاطات علماء الرياضيات؟" وفي إعلانه عن التزامه بوجهة النظر الأخيرة، يشير بنروز إلى أنه في حالات كحالة مجموعة مندلبورت "يبرز من التركيب أكثر بكثير مما يدخله أولاً. ويمكن للمرء أن يتبنى الرأي الذي يقول إنه في مثل هذه الحالات عثر علماء الرياضيات على 'أثر الله.'" فهو، في الواقع، يرى تشابهاً في هذه الناحية بين علم الرياضيات والعمل الفني الملهم: " إنه شعور ليس غريباً بين الفنانين، حتى أنهم في أهم آثارهم يكشفون عن حقائق أبدية لها نوع من الوجود غير المادي السابق ... لا يمكنني، بسبب الرياضيات، أن أتغلب على الشعور بأن القضية الخاصة بنوع ما من الوجود الخالد غير المادي ... أقوى بكثير."

من السهل تكوين الانطباع بأن هناك منظر ضخم للتراكيب الرياضية، وأن علماء الرياضيات يستكشفون هذا الصقع الفريد إنما الموحي، تساعدهم ربما اليد

الهادية للتجربة أو مَعلَم الاكتشافات الحديثة. وعلى امتداد الطريق، يصادف هؤلاء العلماء صيغاً ونظريات جديدة موجودة من قبل. ويفكر عالم الرياضيات رودي روكر بالمواضيع الرياضية وكأنها تشغل نوعاً من الحيز العقلي-يسميه "لوحة عقلية Mindscape"-تماماً كما تشغل الأشياء المادية حيزاً مادياً. ويكتب، "الشخص الذي يقوم ببحث رياضي، هو مستكشف اللوحة العقلية بالطريقة ذاتها التي كان فيها أرمسترونغ، أو ليفينغستون، أو كوستو مكتشفين للملامح الفيزيائية للكون الذي نعيش فيه." يمر أحياناً مستكشفون مختلفون بالمنطقة نفسها ويكتبون مستقلين حول موجوداتهم. ويظن روكر، "كما نتقاسم جميعاً الكون نفسه، تماماً نتقاسم جميعنا اللوحة العقلية نفسها." ويورد جون باراو أيضاً ظاهرة الاكتشاف المستقل في الرياضيات كدليل على "عنصر موضوعي ما" مستقل عن روح الباحث.

ويظن بنروز أن الطريقة التي يتوصل فيها علماء الرياضيات إلى مكتشفاتهم وينقلون بواسطتها النتائج الرياضية إلى بعضهم بعضاً، تقدم دليلاً للمملكة الأفلاطونية، أو اللوحة العقلية:

> **أظن أنه متى أدرك العقل فكرة رياضية، فإنه يحقق الاتصال بالعالم الأفلاطوني للمفاهيم الرياضية. ... وعندما "يدرك" شخص ما حقيقة رياضية، فإن وعيه يقتحم هذا العالم من الأفكار، ويحقق اتصالاً مباشراً معه. ... وعندما يتصل العلماء ، فإن هذا يصبح ممكناً لأن لكل واحد طريقاً مباشرة إلى الحقيقة، أي أن وعي كل واحد يكون في وضع يدرك فيه الحقائق الرياضية مباشرة، من خلال عملية 'الإدراك' هذه. وبما أنه يمكن لكل واحد أن يحقق الاتصال بعالم أفلاطون مباشرة، فإنه يمكن أن يكونوا أكثر استعداداً للاتصال ببعضهم بعضاً مما يتوقع المرء. والصور العقلية التي يحملها كل واحد، عند تحقيق هذا الاتصال الأفلاطوني، يمكن أن تكون مختلفة إلى حد ما في كل حالة، ولكن الاتصال يكون ممكناً لأن كل واحد يكون على اتصال مباشر مع العالم الأفلاطوني نفسه الموجود بصورة أبدية!**

وأحياناً، يكون هذا "الاقتحام" مفاجئاً ومثيراً، ويقدّم ما يسمى عادة الإلهام الرياضي. فقد قام عالم الرياضيات الفرنسي، جاك هادامار، بدراسة هذه الظاهرة، واستشهد بحالة كارل غوس الذي صارع، على مدى أربع سنوات، مشكلة الأعداد الصحيحة: "كومضة برق مفاجئة، صدف أن حُلّ اللغز. أنا نفسي لا يمكن أن أقول ما الخيط الموصل الذي ربط ما كنت أعرفه سابقاً مع ما جعل نجاحي ممكناً." وقدم هادامار أيضاً حالة هنري بوانكريه[1] المشهورة، الذي قضى أيضاً قدراً كبيراً من الوقت يعالج، دون طائل، مشكلة تتصل ببعض الدّالات الرياضية. خرج يوماً في رحلة جيولوجية، ومضى ليركب الحافلة. يقول، "في اللحظة التي وضعت فيها قدمي على الدرجة، خطرت لي الفكرة، دون أن يكون في أفكاري السابقة ما يشير إلى أنه مهد الطريق لها." وهكذا، كان متأكداً من أن المشكلة حُلّت حتى أنه تناساها وتابع حديثه. وعندما عاد من الرحلة كان قادراً على إثبات النتيجة بسهولة، في وقت فراغه.

ويروي بنروز حادثة مشابهة عن بحثه حول الثقوب السوداء ومفرديات الزمان المكاني. كان منهمكاً في حديث في أحد شوارع لندن، وكان على وشك أن يعبر طريقاً مزدحماً عندما خطرت له فكرة حاسمة، ولكنها تلاشت بسرعة، حتى أنها اختفت تماماًعندما استأنف محادثته على الجانب الآخر من الطريق. وفي وقت لاحق فقط، شعر بإحساس غريب من البهجة، واستعاد في ذهنه أحداث اليوم. وأخيراً، تذكر ومضة الإلهام القصيرة، وعرف أنها كانت مفتاح المشكلة التي استولت على اهتمامه على مدى فترة طويلة. وبعد مضي بعض الوقت، ظهرت صحة الفكرة بوضوح.

يشترك في هذه الرؤية الأفلاطونية للرياضيات كثير من الفيزيائيين. فعلى سبيل المثال، قال هاينرخ هيرتس، وهو أول من اكتشف الموجات الكهرطيسية في المختبر، مرة، " لا يمكن للمرء أن يتخلص من الإحساس بأن لهذه الصيغ الرياضية وجوداً مستقلاً خاصاً بها، وهي أكثر ذكاء حتى من مكتشفيها، إذ أننا نأخذ منها أكثر مما أُدخِلَ إليها أصلاً."

---

(1) جول هنري بوانكريه (1854-1912)، عالم فرنسي في الرياضيات والفيزياء والفلك. المترجم.

وذات مرة، سألت رينتشارد فينمان عما إذا كان يعتبر أن للرياضيات، وتوسعاً، لقوانين الفيزياء وجوداً مستقلاً. فأجاب:

مشكلة الوجود مهمة جداً وعويصة. فإذا امتهنت الرياضيات، التي تستنبط نتائج الافتراضات، فإنك سوف تكتشف شيئاً غريباً إذا أضفت مكعبات الأعداد الصحيحة. فـ $1^3 = 1 \times 1 \times 1 = 1$، و $2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8$، و$3^3 = 3 \times 3 \times 3 = 27$. وإذا أنت جمعت مكعبات تلك الأعداد: $1 + 8 + 27$ – دعنا نتوقف هنا– فسيكون الناتج 36. وهو مربع العدد 6، والعدد 6 هو حاصل جمع تلك الأعداد الصحيحة، أي $1 + 2 + 3$. ... وهذه الواقعة التي كشفت لك عنها الآن قد لا تكون معروفة لديك من قبل. وقد تقول: "أين هي، أين تستقر، وأي نوع من الحقيقة تحمل؟ ومع ذلك فهي تفاجئك. فعندما تكتشف هذه الأشياء، يتكون لديك شعور بأنها كانت حقيقة قبل أن تكتشفها. ولهذا، تتكون لديك فكرة أنها موجودة بطريقة ما، وفي مكان ما، ولكن لا مكان لمثل هذه الأمور. إنه مجرد شعور. ... وفي حالة الفيزياء، يكون الإزعاج مضاعفاً، طبعاً. فتفاجئنا هذه العلاقات الرياضية التبادلية لمجرد أنها تصح في الكون، وهكذا تصبح مشكلة "أين هي" مربكة على نحو مضاعف. ... إنها أسئلة فلسفية لا أعرف أجوبة لها.

الحاسب الكوني

خضعت المداولات حول طبيعة الرياضيات مؤخراً، على نحو متزايد، لتأثير علماء الحواسب، الذين يحملون فكرة خاصة عن الموضوع. وربما كان الكثير منهم، وليس في ذلك ما يدعو إلى الدهشة، يعتبر الحاسب كمكوّن مركزي في أي نظام للتفكير يحاول إعطاء معنى للرياضيات. وتعلن هذه الفلسفة في شكلها المتطرف، "ما لا يمكن حسابه لا معنى له." إن أي وصف، للكون الفيزيائي، بوجه خاص، يجب أن يستخدم الرياضيات التي يمكن تطبيقها فعلاً، من حيث المبدأ، بواسطة الحاسب. ومن الواضح، أن هذا يستبعد نظريات من النوع

الموصوف في الفصل الخامس، الذي يستلزم تنبوءات بالأعداد غير القابلة للحساب للكميات الفيزيائية. ولا يمكن التسليم بعمليات رياضية تستلزم عدداً لا متناهياً من المراحل. وهذا يستبعد مجالات واسعة من الرياضيات، التي طبق أكثرها على الأنظمة الفيزيائية. والأكثر خطورة، هو أنه يُشَكّكُ حتى في تلك النتائج الرياضية التي تتضمن عدداً متناهياً، ولكنه كبير جداً من المراحل، إذا افترض المرء أن القدرة على حوسبة الكون محدودة. و رولف لانداور هو ممثل وجهة النظر هذه: "لاتحدد الفيزياء فقط ما يمكن أن تفعله الحواسب، ولكن ما يمكن أن تفعله الحواسب سيحدد، بدوره، الطبيعة النهائية لقوانين الفيزياء. ومع ذلك، إن قوانين الفيزياء هي خوارزميات لمعالجة المعلومات، وسيكون من غير المجدي، إذا لم تكن هذه الخوارزميات قابلة للاستخدام في كوننا، مع قوانينها ووسائلها."

إذا اعتمدت الرياضيات الهادفة على الوسائل المتاحة للكون، فإنه يصبح هناك لهذا مضامين بعيدة المدى. فوفقاً للنظرية الكوزمولوجية النموذجية، يمكن أن يكون الضوء انتقل فقط إلى مسافة محدودة بعد نشوء الكون (بصورة أساسية، لأن عمر الكون محدود). ولكن، ما من هدف أو تأثير فيزيائي، ولا معلومات خصوصاً، يمكن أن تتجاوز سرعة الضوء. ويستتبع ذلك أن المنطقة من الكون التي نرتبط بها سببياً تحتوي فقط على عدد محدود من الجسيمات. والحد الخارجي لهذه المنطقة من الكون يعرف على أنه أفقنا. إنه السطح الأكثر بعداً في الفضاء الذي كان يمكن أن يصل إليه الآن الضوء الذي انبعث من منطقتنا في الكون منذ الانفجار الكبير. وعندما يتعلق الأمر بالحساب، يتضح أنه يمكن اعتبار فقط تلك النواحي من الكون التي يمكن للمعلومات أن تتدفق بينها كجزء من جهاز وحيد للحوسبة؛ وهذه المنطقة ستكون ضمن أفقنا. فلنتصور أن كل جسيم في هذه المنطقة جُنِّدَ وضُمَّ إلى حاسب كوني جبار. عندئذٍ، ستبقى حتى هذه الآلة المخيفة محدودة القدرات الحسابية، لأنها تحتوي على عدد محدود من الجسيمات (حوالي 10^{80} في الواقع). فهي، مثلاً، لا يمكن أن تحسب حتى π إلى دقة لا متناهية. ويقول لانداور إنه علينا أن ننسى الكون ككل إذا كان غير قادر على حسابها. وبالتالي لن تبقى "π المتواضعة" كمية محددة بدقة. ويتضمن

هذا أن نسبة محيط الدائرة إلى قطرها لا يمكن اعتباره عدداً دقيقاً ثابتاً–حتى في الحالة المثالية للخطوط الهندسية الصحيحة–بل يجب أن يخضع للشك.

والغريب أكثر هي حقيقة أن الموارد المتاحة للمنطقة ضمن الأفق كانت أقل في الماضي لأن هذا يتوسع مع الزمن عندما ينتقل الضوء نحو الخارج إلى الفضاء. وينطوي هذا بداهة على أن الرياضيات **منوطة بالزمن**، وهو مفهوم مناقض تماماً لرؤية أفلاطون التي تقول إن الحقائق الرياضية أزلية، ومتسامية، وخالدة. فعلى سبيل المثال، في دقيقة بعد الانفجار الكبير، يجب أن يكون حجم الأفق قد احتوى على جزء ضئيل فقط من العدد الحالي للجسيمات الذرية. وفيما يدعى بزمن بلانك[1] (10^{-43}) كان الأفق يحتوي، نموذجياً، جسيماً واحداً فقط. ولذلك، كانت قدرة حوسبة الكون في زمن بلانك صفراً أساساً. وإذا تتبعنا فلسفة لانداور إلى استنتاجها المنطقي، فإننا سوف نجدها توحي بأن الرياضيات كلها كانت في تلك الحقبة خالية من المعنى. فإذا صح ذلك، عندئذ تصير محاولات تطبيق الفيزياء الرياضية على الكون المبكر دون معنى أيضاً–بخاصة البرنامج الكامل لعلم الكونيات الكمومي والمنشأ الكوني الذي أتينا على وصفه في الفصل الثاني.

لماذا نحن؟

"الشيء الوحيد غير المفهوم حول الكون هو أنه مفهوم."

ألبرت آينشتاين

كثيراً ما يشغلنا نجاح المشروع العلمي عن الحقيقة المذهلة لعمل العلم. ومع أن معظم الناس يسلمون بذلك جدلاً، فإننا محظوظون إلى حد لا يصدق وغامضون إلى حد لا يصدق، على حد سواء، لأننا قادرون على سبر غور أعمال الطبيعة باستخدام الطريقة العلمية. وكما أوضحت سابقاً، إن جوهر العلم

---

(1) ماكس بلانك (1858–1947)، فيزيائي ألماني وضع النظرية الكمومية. المترجم.

هو الكشف عن النماذج والتناسق في الطبيعة عن طريق اكتشاف الانضغاطات الخوارزمية للمشاهدات. ولكن المعلومات الأولية للمشاهدة قلما تُظهر تناسقاً واضحاً. وبدلاً من ذلك، نجد أن نظام الطبيعة محجوب عنا، فهو مكتوب بالشيفرة. ولكي نحقق تقدماً في العلم، يجب علينا أن نحل رموز الشيفرة الكونية، أن ننقب تحت المعلومات الأولية ونكتشف النظام المحجوب. ومن ناحيتي، كثيراً ما ألجأ إلى تشبيه العلم الأساسي بأحجية الكلمات المتقاطعة. فالتجربة والملاحظة توفران لنا مفاتيح الحل، ولكن تلك المفاتيح غامضة، ولهذا، يحتاج حلها إلى براعة كبيرة. ومع كل حل جديد، نلمح مقداراً إضافياً ضئيلاً من النموذج الإجمالي للطبيعة. وكما هي الحال مع الكلمات المتقاطعة، كذلك هي مع الكون الفيزيائي، نكتشف أن حلول المفاتيح المستقلة تترابط مع بعضها بعضاً بطريقة ثابتة ومساندة لتشكيل وحدة متماسكة، حتى أنه كلما قمنا بحل المزيد من المفاتيح، وجدنا سهولة أكبر في اكتشاف المعالم المفقودة.

وما يلفت النظر، هو أن الكائنات الإنسانية قادرة فعلاً على إنجاز عملية حل الشيفرة، وأن العقل الإنساني يتمتع بالمؤهلات الفكرية الضرورية لنا لـــ "كشف أسرار الطبيعة" والقيام بمحاولة مقبولة نحو إكمال "الأحجية الغامضة" للطبيعة. ومن السهل أن نتخيل عالماً كان فيه تناسق الطبيعة جلياً وواضحاً للجميع بمجرد لمحة. ويمكننا أيضاً أن نتخيل عالماً آخر لم يكن فيه تناسق، أو أن التناسق كان خفياً جداً، أي ماكراً جداً، إلى درجة تحتاج معه الشيفرة الكونية إلى قدرة عقلية أكبر بكثير مما يمتلكه الإنسان. ولكننا اكتشفنا، بدلاً من ذلك، حالة بدت فيها صعوبة الشيفرة الكونية مؤتلفة مع القدرات الإنسانية. ولا ريب في أننا ناضلنا كثيراً لحل شيفرة الطبيعة، وحققنا، حتى الآن، قدراً كبيراً من النجاح. ويتمثل التحدي الأصعب في جذب بعض من أفضل الأدمغة المتاحة، ولكن إحباط الجهود المشتركة لتلك الأدمغة وتحويلها إلى واجبات أسهل ليس صعباً جداً.

والسر في كل هذا هو احتمال أن يكون التطور البيولوجي هو الذي حدد القدرات الفكرية عند الإنسان، وألا تكون لذلك علاقة إطلاقاً بعمل العلم.

تطورت أدمغتنا استجابة لضغوط بيئية، كالقدرة على الصيد، وتفادي الحيوانات المفترسة، والروغان من سقوط الأشياء، إلخ. فما علاقة هذا باكتشاف قوانين الكهرطيسية أو تركيب الذرة؟ وجون باراو أيضاً تعتريه الحيرة، فيتساءل: "لماذا يجب أن تكون عمليتنا المعرفية قد كيَّفت نفسها مع مطلب متطرف كفهم الكون الكامل؟ ولماذا نحن؟ يبدو أنه ما من فكرة من الأفكار المعقدة ذات الصلة تقدم أفضلية انتقائية لكي تستخدم خلال فترة ما قبل الوعي من تطورنا ... يالها من صدفة، أن تكون قد جرت موازنة عقولنا (أو على الأقل، عقول البعض) لسبر أغوار أسرار الطبيعة!

يتعمق سر نجاحنا الخارق في تحقيق التقدم العلمي بحدود التطور التربوي عند الإنسان. فمن ناحية، هناك حد للسرعة التي يمكننا عندها أن ندرك حقائق ومفاهيم جديدة، وخصوصاً تلك التي تتصف بالتجريد. فالطالب يحتاج عادة إلى خمس عشرة سنة من الدراسة، على الأقل، لكي يصبح على دراية كافية بالرياضيات والعلم تؤهله لأن يسهم فعلاً في بحث أساسي. مع ذلك، من المعروف تماماً أن ضروب التقدم الرئيسة، وخصوصاً في الفيزياء الرياضية، أنجزها رجال ونساء في العشرينات أو، في أحسن الأحوال، في مطلع الثلاثينات من أعمارهم. فعلى سبيل المثال، لم يكن نيوتن قد تجاوز الرابعة والعشرين عندما اكتشف قانون الجاذبية بطريق الصدفة. وكان ديراك[1] ما يزال طالباً يحضِّر درجة الدكتوراه في الفلسفة عندما صاغ معادلته الموجيّة النسبية التي قادت إلى اكتشاف مضاد المادة. وكان آينشتاين في السادسة والعشرين عندما وضع النظرية الخاصة بالنسبية، وأسس علم الميكانيك الإحصائي، والتأثير الكهرضوئي خلال بضعة أشهر رائعة من النشاط المبدع. وعلى الرغم من أن المسنين من العلماء رفضوا هذا بسرعة، إلا أن هناك دليلاً قوياً على أن روح الابتكار والتجديد في العلم تتلاشى في أواسط العمر. إن اجتماع التقدم الثقافي مع

(1) بول أدريان موريس ديراك (1902-..)، فيزيائي بريطاني منح جائزة نوبل في الفيزياء شراكة عام 1933. المترجم.

تلاشي روح الابتكار يهمّش العالِم، ويترك له "فرصة" ضيقة لكنها حرجة لكي يساهم من خلالها. ويفترض أيضاً أن يكون لهذه الحدود الفكرية جذور في الجوانب الدنيوية من البيولوجيا التطورية، التي ترتبط بمدى حياة الفرد، وتركيب الدماغ، والتنظيم الاجتماعي لنوعنا. ولكم هو غريب إذاً أن تكون الآجال استخدمت هكذا كأنما لتسمح بمحاولة علمية إبداعية!

ومن جديد نقول، إنه من السهل أن نتصور عالماً نملك فيه جميعنا قدراً وافراً من الوقت لتعلم الحقائق والمفاهيم الضرورية لإنجاز العلم الأساسي، أو عالماً آخر نحتاج فيه إلى سنوات كثيرة جداً لتعلم كافة الأشياء الضرورية بحيث يحدث الموت، أو تنقضي سنوات الإبداع عند المرء، قبل انتهاء مرحلة التربية بوقت طويل. وما من ملمح لهذا "التناغم" الغريب للعقل الإنساني مع أعمال الطبيعة أكثر إثارة للانتباه من الرياضيات، ناتج العقل الإنساني الذي يرتبط إلى حد ما بأسرار الكون.

قوانين الطبيعة رياضية ... لماذا؟

قليل من العلماء منٍ يتوقف ليتساءل لماذا قوانين الكون الأساسية هي قوانين رياضية؛ فهم يسلِّمون بذلك جدلاً. حتى حقيقة "نجاح الرياضيات" عندما تطبق على العالم الفيزيائي- وتنجح إلى حد مذهل جداً-يتطلب تعليلاً، لأنه ليس واضحاً بأننا نتمتع بأي حق مطلق لكيٍ نتوقع أن نجد في الرياضيات وصفاً جيداً للعالم. ومع أن معظم العلماء يسلِّمون بأن العالم يجب أن يكون هكذا، فإن تاريخ العلم يحذر من هذا. فيُسلَّم بحتمية حدوث الكثير من مظاهر عالمنا، فقط لكي تظهر كنتيجة لشروط أو شروط خاصة. ومفهوم نيوتن للمطلق، أي الزمن الكوني هو مثل تقليدي. وهذه الصورة للزمن مفيدة جداً لنا في حياتنا اليومية، ولكنها، في النهاية، تنجح تماماً فقط لأن حركتنا أكثر بطئاً من حركة الضوء. فهل يمكن للرياضيات أن تنجح تماماً بسبب ظروف أخرى خاصة؟

هناك مقاربة واحدة لهذه الأحجيـــة هي اعتبار "الفعالية اللامعقولة" للرياضيات - ولنستخدم عبارة فايغنر- كظاهرة ثقافية صرف، نتيجة للطريقة التي اختارتها الكائنات الإنسانية للتفكير بالعالم. وقد سبق لكانط أن حذر من أننا إذا تطلعنا إلى العالم من خلال نظارات ملونة بالوردي، يجب ألا نستغرب إذا بدا لنا العالم وردياً. وذكر بأننا نميل إلى أن نسقط على العالم انحيازنا الفكري نحو المفاهيم الرياضية. فنحن، بمعنى آخر، نقرأ النظام الرياضي إلى الطبيعة بدلاً مـــن أن نقرأه من الطبيعة. وتتمتع هذه الحجة بشيء من القوة. لا شك في أن العلماء يفضلون استخدام الرياضيات عندما يدرسون الطبيعة، ويميلون إلى اختيار تلك المشكلات التي تسلس القياد للمعالجة الرياضية. وهناك ميل للتقليل من شأن مظاهر الطبيعة التي لاتُدرك بسهولة بواسطة الرياضيات (أقصد الأنظمة البيولوجية والاجتماعية). وهناك نزعة إلى إطلاق صفة الـــ "أساسية" على ملامح العالم التي تقع ضمن هذا الصنف القابل للمعالجة الرياضية. عندئذٍ، يقتضي السؤال "لماذا تكون القوانين الأساسية للطبيعة رياضية؟" جواباً مبتذلاً: " لأننا نعرِّف تلك القوانين التي هي رياضية بوصفها أساسية."

من الواضح أن رؤية المرء للعالم تحددها، بدرجة ما، طريقة تركيب دماغه. وفيما يتعلق بأسباب الاصطفاء البيولوجي التي قلما يمكننا أن نخمنها، فإن أدمغتنا تطورت بحيث تميز وتركز على مظاهر الطبيعة تلك التي تُظهِر نماذج رياضية. وكما قلت في الفصل الأول من أنه يمكننا أن نتخيل أشكالاً مغايرة للحياة مختلفة تماماً بتاريخها التطوري، ولكن الأدمغة فيها مشابهة قليلاً لأدمغتنا. وهؤلاء المغايرون قد لا يشتركون معنا في أصناف تفكيرنا، بما في ذلك حبنا للرياضيات، ويدركون العالم بطرق لانفهمها إطلاقاً.

وعلى النحو المشار إليه، هل يعتبر نجاح علمـــاء الرياضيات في العلم مجرد نكتة ثقافية، أي حادث عرضي في تاريخنا التطوري والاجتماعي؟ ويجيب بعض العلماء والفلاسفة على هذا السؤال بنعم، ولكن أعتبر أن هذه الإجابة

مرتجلة، لعدد من الأسباب. أولاً، إن جزءاً كبيراً من الرياضيات الفعالة إلى حد مثير جداً كان يُحَل من قبل المختصين بالرياضيات فقط على اعتباره تمريناً مجرداً قبل وقت طويل من تطبيقه على العالم الواقعي. ولم تكن الأبحاث الأصلية مرتبطة تماماً بتطبيقها النهائي. هذا "العالم المستقل الذي خلِق من عقل صرف،" كما يشرح جيمس جينز، اكتشِف مؤخراً أنه مفيد في وصف الطبيعة. وقد كتب عالم الرياضيات البريطاني ج. هـــ. هاردي أنه مارس الرياضيات لجمالها، وليس لأهميتها العملية. وصرح باعتزاز تقريباً بأنه لا يمكن أن يتوقع تطبيقاً مفيداً لعمله. ومع ذلك، فنحن نكتشف، وكثيراً ما يكون الاكتشاف بعد سنوات، أن الطبيعة تعبث بالقواعد الرياضية ذاتها التي سبق أن صاغها علماء الرياضيات الصرف. (وما يدعو إلى السخرية، أن هذا يتضمن الكثير من عمل هاردي أيضاً). أشار جينز إلى أن الرياضيات هي واحدة فقط من الكثير من أساليب التفكير. وقد أجريَت محاولات لبناء نماذجٍ للكون ككائن حي، مثلاً، أو كآلة. وكان التقدم الذي حققته تلك المحاولات ضئيلاً. فلماذا ينبغي للمقاربة الرياضية أن تثبت أنها مثمرة جداً إذا لم تكشف بعضاً من الخاصية الواقعية للطبيعة؟

وبنروز أيضاً درس هذا الموضوع، ورفض وجهة النظر الثقافية. وأشار إلى النجاح المذهل الذي حققته نظريات كالنظرية العامة في النسبية، فيكتب:

> **يصعب علي أن أصدق، كما حاول بعضهم أن يؤكد، أن هذه النظريات الرائعة يمكن أن تكون نشأت فقط عن طريق اصطفاء ما طبيعي عشوائي للأفكار، اصطفاء يترك فقط الأفكار الصالحة على قيد الحياة. والأفكار الصالحة، هي ببساطة صالحة جداً وإلا لما بقيت حية بعد الأفكار التي نشأت بتلك الطريقة العشوائية. وبدلاً من ذلك، يجب أن يكون هناك سبب ما عميق مستبطن للانسجام بين علم الرياضيات والفيزياء، أي بين عالم أفلاطون والعالم الفيزيائي.**

وقد اكتشفت أن بنروز، ومثله معظم العلماء، يسلِّمون بالاعتقاد في أن ضروب التقدم الرئيسة في الفيزياء الرياضية تمثل، في الواقع، اكتشافات

لجانب أصيل من الواقع، لا مجرد إعادة تنظيم للمعلومات بصيغة أكثر ملاءمة للاستيعاب العقلي عند الإنسان.

واحتُجَّ أيضاً بإن أدمغتنا تطورت لتعكس خواص العالم الفيزيائي، بما في ذلك محتواه الرياضي، بحيث لا يدهشنا اكتشاف الرياضيات في الطبيعة. وكما ذكرت قبلاً، لا شك إنه لغز مدهش وعميق أن يكون الدماغ الإنساني طور قدرته الرياضية الاستثنائية. ومن الصعب جداً أن ندرك كيف تحمل الرياضيات المجردة أية قيمة للبقاء. والتعليق نفسه ينطبق على الموهبة الموسيقية.

توصلنا إلى معرفتنا حول العالم بطريقتين متميزتين تماماً. الأولى، عن طريق الإدراك المباشر، والثانية، عن طريق استخدام الاستنتاج المنطقي والوظائف العقلية العليا. فتعالوا ندرس ملاحظة سقوط حجر ما. إن الظاهرة الفيزيائية التي تحدث في العالم الخارجي تنعكس في عقولنا لأن أدمغتنا تنشيء نموذجاً عقلياً داخلياً لعالم يُرى كيانه الذي يتطابق مع الهدف الفيزيائي- الحجر- متحركاً عبر حيِّز ثلاثي الأبعاد: نرى الحجر يسقط. ومن ناحية أخرى، يمكن للمرء أن يعرف عن سقوط الحجر بطريقة مختلفة تماماً وإجمالاً أكثر عمقاً. ومن معرفته بقوانين نيوتن وقدر مناسب من الرياضيات، يمكن للمرء أن يكوِّن نوعاً آخر من نموذج لسقوط الحجر. وهو ليس نموذجاً عقلياً بمعنى الإدراك؛ مع ذلك يبقى بناء عقلياً، يربط الظاهرة النوعية لسقوط الحجر بالهيكل الأوسع للعمليات الفيزيائية. والنموذج الرياضي الذي يستخدم قوانين الفيزياء ليس شيئاً ما نراه فعلاً، ولكنه، بطريقته المجردة الخاصة، نموذج لمعرفة العالم، وهو، علاوة على ذلك، معرفة لنظام أعلى.

يبدو لي أن التطور الداروِيني أهَّلَنا لمعرفة العالم عن طريق الإدراك المباشر. وهناك فوائد تطورية واضحة في هذا، ولكن ليست هناك صلة واضحة البتة بين هذا النوع من المعرفة الحسية والمعرفة العقلية. فكثيراً ما

يكافح الطلاب في فروع معينة من الفيزياء، كالميكانيكا الكمومية والنسبية، لأنهم يحاولون أن يفهموا هذه المواضيع عن طريق التصور العقلي. إنهم يحاولون "تصوّر" فضاء مقوَّس أو نشاط إلكترون ذري بعين العقل ويفشلون تماماً. وهذا لا يعزى إلى قلة الخبرة- لاأظن أنه يمكن فعلاً لأي كائن إنساني أن يشكل صورة بصرية دقيقة لهذه الأشياء. وليست هذه مفاجأة- الفيزياء الكمومية والنسبية لا تتصلان، خصوصاً، بالحياة اليومية، ولا توجد فائدة انتقائية في جعل أدمغتنا قادرة على دمج النظامين، الكمومي والنسبي، في النموذج العقلي الذي نكونه عن العالم. ولكن علماء الفيزياء، على الرغم من هذا، قادرون على التوصل إلى فهم لعوالم الفيزياء الكمومية والنسبية عن طريق استخدام الرياضيات، والتجريب الانتقائي، والتفكير التجريدي، والإجراءات العقلية الأخرى. والسر هو، لماذا نتمتع بهذه القدرة الثانية لمعرفة العالم؟ ليس هناك من سبب يدفعنا إلى الاعتقاد بأن الطريقة الثانية تنشأ من التفكير الدقيق بالطريقة الأولى. فكلتاهما طريقتان مستقلتان تماماً لتحصيل المعرفة حول الأشياء. فالأولى، تخدم حاجة بيولوجية واضحة، في حين يبدو أن الثانية لا تحمل إطلاقاً أية أهمية بيولوجية.

ويصبح السر أيضاً أكثر عمقاً عندما نضع في اعتبارنا وجود عباقرة الرياضيات والموسيقا، الذين يحتلون ببراعتهم في هذين الحقلين مراتب أسمى من المراتب التي يحتلها بقية الناس. ونفاذ البصيرة المذهل عند علماء الرياضيات من أمثال غاوس و ريمان تشهد عليه ليس فقط مآثرهما الفذة في الرياضيات (كان غاوس طفلاً عبقرياً ويتمتع بذاكرة قوية)، بل أيضاً قدرتهما على وضع نظريات دون برهان، تاركين الكفاح في سبيل إيجاد البراهين للأجيال التالية من علماء الرياضيات. والأحجية الكبيرة هي كيف استطاع علماء الرياضيات هؤلاء أن يتوصلوا إلى نتائجهم "جاهزة،" في حين أصبحت البراهين تتطلب مقادير من الاستنتاج العقلي الرياضي المعقد.

ربما كانت الحالة الأكثر شهرة هي حالة عالم الرياضيات الهندي س. رامانوجان. وُلِد هذا العالم في الهند، في أواخر القرن التاسع عشر، في أسرة فقيرة وحصل على تعليم محدود فقط. وتعلم الرياضيات بنفسه تقريباً، وبسبب عزلته عن التيار الرئيس للحياة الأكاديمية، فإنه قارب الموضوع بطريقة لا تمت بصلة إلى الطرق التقليدية. فدوّن عدداً كبيراً من النظريات دون برهان، وكانت طبيعة بعضها غريبة جداً إلى درجة لم تكن، في الحالة الطبيعية، لتخطر في بال العلماء الأكثر تمسكاً بالتقاليد. وأخيراً، شدت بعض من نتائجه انتباه هاردي، فأصيب بالذهول، وقال معلقاً، " لم يسبق لي أبداً أن رأيت شيئاً كهذا. ويكفي المرء أن ينظر إليها مرة واحدة ليعرف أنها كتبت من قبل رياضي من مستوى رفيع." وكان هاردي قادراً على إثبات بعض نظريات رامانوجان باستخدام المدى الكامل لمهاراته الرياضية الهامة، ولكن بصعوبة أكبر. وخيبته النتائج الأخرى تماماً. ومع ذلك، شعر بأنها لا بد أن تكون صحيحة، لأنه "ما من أحد يتمتع بالخيال لابتكارها." وفيما بعد، رتب هاردي سفر رامانوجان إلى كمبريدج لكي يعمل معه. ولسوء الحظ، عانى رامانوجان من صدمة ثقافية ومشكلات طبية، وتوفي في وقت مبكر في الثالثة والثلاثين من عمره، مخلفاً للأجيال بعده عدداً كبيراً من الحدسيات الرياضية. وما من أحد، حتى الآن، يعرف تماماً كيف أنجز أعماله الفذة الاستثنائية. وقد علق أحد علماء الرياضيات بأن النتائج تبدو وكأنها "تتدفق من دماغه" بصورة عفوية. مسألة كهذه يمكن أن تلفت انتباه أي عالم رياضيات، ولكنها عند واحد غير مطلع تماماً على علم الرياضيات التقليدي تعتبر استثنائية فعلاً. ومن المغري جداً، في هذه الحالة، أن نفترض أن رامانوجان كان يتمتع بملكة عقلية خاصة تمكنه من رؤية المشهد العقلي الرياضي بصورة مباشرة وحيّة، فيحصد النتائج الجاهزة عندما يشاء.

قلما تكون الحالات الغريبة لما يعرف بالحاسبات الومضية أقل غموضاً- الناس الذين يمكنهم أن ينجزوا أعمالاً خيالية فذة في الحساب الذهني فوراً تقريباً، دون أدنى فكرة عن كيفية توصلهم إلى جواب. تعيش شاكونتالا ديفي

في بنغالور في الهند ولكنها تتجول في العالم بانتظام، وتدهش المشاهدين بأعمالها الفذة في الحساب الذهني. وفي مناسبة مشهورة في تكساس، وجدت الجذر الثالث والعشرين لعدد مؤلف من مئتي رقم خلال خمسين ثانية!

والحالات الغريبة أكثر أيضاً، ربما هي حالات "ذوي المعرفة الانطوائيين،" والناس المعاقين عقلياً والذين قد يجدون صعوبة حتى في إجراء العمليات الحسابية التقليدية الأكثر بساطة، ولكن، مع ذلك، يتمتعون بقدرة خارقة على تقديم أجوبة صحيحة للمشكلات الرياضية التي تبدو للناس العاديين صعبة إلى درجة الاستحالة. فعلى سبيل المثال، يستطيع شقيقان أمريكيان دائماً أن يتفوقوا على الحاسب في إيجاد الأعداد الأولية على الرغم من كونهما معاقيْن عقلياً. وفي حالة أخرى، عرض التلفزيون البريطاني رجلاً معاقاً كان يذكر بدقة وبصورة فورية تقريباً يوم الأسبوع عندما يعطى مع أي تاريخ، حتى ولو كان اليوم من قرن آخر!

نحن نألف طبعاً حقيقة أن كافة القدرات الإنسانية، البدنية والعقلية، تختلف إلى حد كبير. فبعض الناس يمكنه أن يقفز ستة أقدام فوق الأرض، بينما بالكاد يمكن لأكثرنا أن يقفز ثلاثة أقدام. ولكن تصوروا لو أن أحدهم نجح وقفز ستين قدماً، أو ستمئة قدم! ومع ذلك، فإن الوثبة العقلية التي تتمثل بالعبقرية الرياضية أكبر بكثير من هذه الاختلافات البدنية.

ما يزال العلماء بعيدين جداً عن فهم كيف تتحكم جيناتنا بقدراتنا العقلية. وربما كان من النادر جداً أن يحتفظ بنو البشر بالبصمة الجينية التي تشفِّر لقدرات رياضية هائلة إلى حد لا يصدق. أو ربما كان هذا ليس نادراً جداً، ولكن الجينات المعنية لا تستخدم في العادة. مع ذلك، وأياً كانت الحالة، فإن الجينات الضرورية موجودة في الجمعية الجينية عند الإنسان. وحقيقة أن العبقريات الرياضية موجودة في كل جيل تشير إلى أن هذه الصفة عامل ثابت تقريباً في الجمعية الجينية. فإذا تطور هذا العامل بطريقة عرضية، لا

استجابة لضغط بيئي، عندئذٍ تكون صدفة مذهلة فعلاً أن تجد الرياضيات مثل هذا التطبيق الجاهز للكون الفيزيائي. ومن جهة أخرى، إذا كان لهذه القدرة الرياضية بعض الأهمية الخافية القابلة للحياة وتطورت عن طريق الاصطفاء الطبيعي، فإننا نبقى في مواجهة أحجية لماذا تكون قوانين الطبيعة رياضية. مع ذلك، إن البقاء على قيد الحياة في غابة لا يتطلب معرفة بقوانين الطبيعة، ولكن فقط بمظاهرها. فقد رأينا كيف تكون الشرائع ذاتها على شكل شيفرة، ولا ترتبط بوسيلة بسيطة إطلاقاً بالظاهرة الفيزيائية الحقيقية التي تخضع لهذه القوانين. ويعتمد البقاء على إدراك كيف هو العالم، لا على أي نظام خفي مستبطن. لا شك في أنه لا يمكن الاعتماد على النظام الخفي داخل النوى الذرية، أو في الثقوب السوداء أو في الجسيمات دون الذرية التي تتولد على الأرض فقط داخل الآلات المسرِّعة للجسيمات.

يمكن الافتراض عندما نحني رؤوسنا لكي نتفادى صاروخاً، أو نقدِّر مدى السرعة اللازمة عندما نعدو لكي نتخطى جدولاً ما وثباً، بأننا نستفيد من معرفة قوانين الميكانيكا، ولكن هذا الافتراض خاطىء تماماً. لأننا إنما نستفيد من تجارب سابقة في أوضاع مماثلة. فأدمغتنا تستجيب عندما تواجه مثل هذه التحديات؛ فهي لا تدمج المعادلات النيوتنيَّة الخاصة بالحركة كما يفعل عالم الفيزياء عندما يحلل هذه الأوضاع علمياً. ولإصدار أحكام حول حركة في حيز ثلاثي الأبعاد، يحتاج الدماغ إلى صفات مميزة. ويحتاج إلى مثل هذه الصفات أيضاً في إجراء الرياضيات (كحساب التكامل والتفاضل اللازم لوصف هذه الحركة). ولا أرى دليلاً يؤكد الزعم القائل إن هاتين المجموعتين من الصفات المختلفتين جداً ظاهرياً متماثلتان فعلاً، أو أن إحداهما تعقب الأخرى (ربما عرضاً) كناتج ثانوي.

والحقيقة هي أن كل الدلائل تشير إلى العكس تماماً. فكثير من الحيوانات تشاطرنا قدرتنا على تفادي الصواريخ والوثب بفعالية، ولكنها، مع ذلك، لاتُظهِر قدرة رياضية مهمة. والطيور، على سبيل المثال، أكثر مهارة في استغلال

قوانين علم الميكانيكا من الإنسان، ونتيجة لذلك، طورت أدمغتها صفات معقدة جداً. ولكن التجارب على بيوضها أظهرت أنها لا تستطيع أن تَحسب إلى أكثر من الرقم 3 تقريباً. إن إدراك أوجه الانتظام في الطبيعة، كتلك التي تظهر في الميكانيكا، يتمتع بقيمة جيدة للبقاء، ويتم توصيله إلى أدمغة الحيوان والإنسان عند مستوى بدائي جداً. وعلى العكس، يُعتبر علم الرياضيات، بحد ذاته، وظيفة عقلية أعلى يبدو أنها خاصة ببني البشـــر (بقدر ما تكون الحياة على الأرض معنية). فهو نتاج النظام الأكثر تعقيداً في الطبيعة. ومع ذلك، إن الرياضيات التي ينتجها تجد تطبيقاتها الأكثر نجاحاً وإثارة في أكثر العمليات أهمية في الطبيعة، العمليات التي تحدث على المستوى دون الذري. فلماذا هذا الترابط بين النظام الأكثر تعقيداً وعمليات الطبيعة الأكثر بدائية؟

قد يحتج بعضهم فيقول بما أن الدماغ ناتج عمليات فيزيائية، لذلك يجب أن يعكس طبيعة تلك العمليات، بما فيها صفتها الرياضة. ولكن، ليس هناك، في الواقع، علاقة مباشرة بين قوانين الفيزياء وبنية الدماغ. والشيء الذي يميز الدماغ عـــن كيلوغرام واحد مـــن مادة عادية هـــو شـــكله المعقد المنظم، وخصوصاً التوصيلات المحكمة بين العصبونات. ولا يمكن تفســـير نمط هـــذه التوصيلات بواسطة قوانين الفيزياء وحدها. إنه يعتمد على عدد من العوامل الأخرى، بما فيها مجموعة الحوادث العارضة التي يجب أن تكون قد حدثت خلال تاريخ التطور. وأياً كانت القوانين التي يمكن أن تكون ساعدت على تكوين بنية الدماغ البشري (كقوانين مندل في الوراثة)، فإنها لاتمت بصلة، ولو بسيطة، إلى قوانين الفيزياء.

كيف يمكن أن نعرف شيئاً ما دون أن نعرف كل شيء؟

هذا الســـؤال، الذي طرحه قبل سنوات عديدة عالم الرياضيات هيرمان بوندي، هو اليوم أكثر إشكالاً على ضوء التقدم الذي حققته النظرية الكمومية. فكثيراً ما قيل إن الطبيعة وحدة، والعالم كلٌ مترابط. هذا صحيح بمعنى من

المعاني، ولكن الصحيح أيضاً أنه يمكن، في الواقع، أن نكوِّن فهماً مفصلاً جداً لأجزاء مستقلة من العالم دون الحاجة إلى معرفة كل شي. والعلم، في الحقيقة، لم يكن ممكناً إطلاقاً لو لم نتمكن من التقدم بمراحل صغيرة مقدرة. وبالتالي، لم يكن قانون سقوط الأجسام الذي اكتشفه غاليلة بحاجة لمعرفة توزيع كل الكتل في الكون؛ ويمكن اكتشـــاف الصفات المميزة للإلكترونات الذرية دون الحاجة إلى معرفة بقوانين الفيزياء النووية. وهكذا دواليك. ومن السهل أن نتصور عالماً كانت الظواهر التي تحدث فيه في موقع واحد في الكون، أو بدرجة واحدة من الحجم أو الطاقة، متشابكة بقوة مع كل البقية بطريقة تحول دون التحليل إلى مجموعات بســيطة من القوانين. أو ستكون لدينا إجابة شديدة التعقيد من كلمة واحدة باستخدام تشابه الكلمات المتقاطعة، بدلاً من التعامل مع شبكة متصلة من كلمات منفصلة يمكن تعريفها. وعندئذٍ، ستكون معرفتنا للكون مسألة كل شيء أو لا شيء.

والســـر الأكثر عمقاً هـــو حقيقة أن قابلية انفصالية الطبيعة هي فعلاً تقريبية فقط. والكون، في الواقع، كلٌّ مترابط. فالتأثير يكون متبادلاً بين سقوط تفاحة على الأرض والموقع الذي يكون فيه القمر. والإلكترونات الذرية تخضع لتأثيرات نواتية. ولكن التأثيرات، في الحالتين، بسيطة جداً، ويمكن تجاهلها في معظم الأغراض العملية. ولكـــن، ما كل الأنظمة تشـــبه هـــذا النظام. فكما أوضحت، إن بعض الأنظمة شواشية، وحســـاسة جداً لمعظم الاضطرابات الخارجية الصغيرة. وهذه الخاصية هي التي تجعل التنبؤ بالأنظمة الشواشية غير ممكن. ومع ذلك، نحن قادرون، على الرغم من أننا نعيش في كون متخم بالأنظمة الشواشـــية، على تنقية عدد كبير مـــن العمليات الفيزيائية التي يمكن التنبؤ بها والطيِّعة رياضياً.

والسبب في هذا يمكن تتبعه، جزئياً، إلى خاصتين غريبتين تدعيان "الخطِّيَّة" و "الموضعية." فالنظام الخطي يذعن لبعض القواعد الرياضية الخاصة جداً فـــي الجمع والضرب التي تترافق برســـوم بيانية

مستقيمة الخطوط-من هنا جاءت كلمة خطية- لا نرى حاجة إلى توضيحها هنا (من أجل دراسة مفصلة، انظر أسطورة المادة). فعلى سبيل المثال، إن قوانين الكهرطيسية، التي تصف المجالات الكهربائية والمغنطيسية وسلوك الأمواج الضوئية والأخرى الكهرطيسية، خطية إلى أعلى درجات التقريب. والأنظمة الخطية لا يمكن أن تكون شواشية، وليست حساسة جداً للاضطرابات الخارجية البسيطة.

ليس هناك نظام خطي تماماً، وهكذا تُختَصَر مسألة قابلية انفصال العالم إلى السؤال: لماذا تكون التأثيرات اللاخطية عملياً بسيطة جداً غالباً؟ والسبب في هذا يكمن عادة في أن القوى اللاخطية المعنية هي إما ضعيفة جداً في الأساس، أو قصيرة المدى جداً، أو في كليهما. ولا نعرف سبب كون مقاومات ومديات مختلف القوى في الطبيعة على ماهي عليه. وقد نتمكن يوماً من حسابها من نظرية ما أساسية مستبطنة. أو، ببساطة، قد تكون تلك القوى "ثوابت الطبيعة" التي لا يمكن اشتقاقها من القوانين نفسها. والاحتمال الثالث هو ألا تكون هذه "الثوابت" البتة أعداداً ثابتة من عطاء الله، بل حددتها الحالة الراهنة للكون؛ وبمعنى آخر، قد تكون مرتبطة بالحالات البدائية للكون.

وخاصية الموضعية على علاقة بحقيقة أن سلوك النظام الفيزيائي، في معظم الحالات، تحدده، بصورة كلية، القوى والتأثيرات التي تنشأ في جواره المباشر. وهكذا، عندما تسقط تفاحة، فإن معدل تسارعها في كل نقطة في الفضاء يعتمد على مجال الجاذبية فقط عند تلك النقطة. وتنطبق مثل هذه الملاحظات على معظم القوى والحالات الأخرى. مع ذلك، هناك حالات تظهر فيها تأثيرات لا موضعية ففي الميكانيكا الكمومية. يمكن لجُسيمَيْن دون ذريين أن يتفاعلا موضعياً ثم يتحركان بعيداً جداً عن بعضهما. ولكن قوانين الفيزياء الكمومية تقول إنه حتى لو انتهى الجسيمان على جانبين متقابلين من الكون، فإنه يجب أن يُعاملا ككل لا يتجزأ، أي أن القياسات التي تُجرَى على أحدها تعتمد، جزئياً، على حالة الجسيم الآخر. وكان آينشتاين قد أشار إلى

هذه اللاموضعية بوصفها "التأثير الشبحي عن بعد" ورفض أن يصدقه. ولكن التجارب الحديثة أثبتت، بما لا يقبل الشـــك، أن هذه التأثيرات اللاموضعية حقيقية. فعلى المســتوى دون الذري، بوجه عـــام، وحيث تكون الفيزياء الكمومية مهمة، يجب معالجة مجموعة الجسيمات ككل. فسلوك جسيم واحد متشابك على نحو لا ينفصم مع سلوكيات الجسيمات الأخرى، مهما كانت الفجوات بينها كبيرة.

تنطوي هذه الحقيقة على معنى مهم بالنسبة للكون ككل. فإذا كان على المرء أن يختار حالة كمومية كيفية لكامل الكون، فمن المحتمل أن تمثل هذه الحالة تشابكاً جباراً لكل الجسيمات في الكون. كنا، في الفصل الثاني، قد أتينا على دراسة الأفكار الحديثة لهارتله وهوكنغ فيما يتعلق بالوصف الكمومي للكون الكامل-علم الكونيات الكمومي. وأحد التحديات الكبيرة الذي يواجه علماء الكون الكموميين في هذا الحقل هو شرح كيف نشأ عالم التجربة المألوف من شواش أصله الكمومي. ويجب ألا ننسى أن الميكانيكا الكمومية تدمج مبدأ الريبة عند هايسنبرغ، الذي يمارس تأثيراً مشتتاً على قيم كل الكميات التي يمكن رؤيتها بطريقة لا يمكن التنبؤ بها. ولهذا، لا يمكن أن نعتبر أن إلكتروناً ما في مدار حول ذرة ما يحتل موضعاً واضح المعالم في الفراغ في كل لحظة. ويجب فعلاً ألا نعتقد بأنه يدور حول نواة الذرة على مسار محدد، ولكنه، بدلاً من ذلك، مشتت بطريقة غير محددة حول النواة.

ومع أن هذه هي حال الإلكترونات في الذرة، فإنه لا يمكن أن نلاحظ مثل هذا التشـــتت في حالة الأجسام العيانية. وهكذا، يكون لكوكب المريخ موقعاً محدداً في الفضاء كل لحظة، ويسلك مداراً محدداً حول الشمس. وعلى الرغم من هذا، يبقى المريخ خاضعاً لقوانين الميكانيكا الكمومية. ويمكن للمرء الآن أن يسأل، كما فعل إنريكو فيرمي مرة ، لماذا لا يتشتت المريخ حول الشمس كما يتشتت الإلكترون حول الذرة. وبمعنى آخر، إذا سلمنا بأن الكون ولد في حادثة كمومية، فكيف نشأ عالم لا كمومي أساساً؟ عندما ولد

الكون، وكان صغيراً جداً، كانت تغمره الريبة الكمومية. واليوم، لا يمكن أن نلاحظ أية بقية للريبة في الأجسام العيانية.

يفترض أكثر العلماء ضمناً أن عالَماً لا كمومياً تقريبا (أو "كلاسيكياً،" إذا استخدمنا اللغة الاصطلاحية) نشأ بصورة آلية من الانفجار الكبير، من انفجار كبير سيطرت فيه تأثيرات كمومية. ولكن هارتله و جيل-مان تحديا مؤخراً هذا الافتراض. واحتجا بأن وجود عالم كلاسيكي تقريباً، توجد فيه الأشياء المادية الواضحة المعالم في مواضع مميزة في المكان، ويوجد فيه مفهوم واضح تماماً للزمان، يحتاج إلى شروط كونية أولية خاصة. وتشير حساباتهم إلى أنه، على الرغم من أكثرية الحالات الأولية، فإن عالماً كلاسيكياً بوجه عام لن ينشأ. وفي تلك الحالة، لن تكون ممكنة قابلية انفصال العالم إلى أشياء مميزة تشغل مواضع محددة في المكان الزماني الخلفي الواضح المعالم. لن تكون هناك موضعية. ومن المحتمل، كما يبدو، أنه لا يمكن للمرء في عالم مشتت كهذا أن يعرف شيئاً دون أن يعرف كل شيء. واحتج هارتله و جيل- مان فعلاً بأن الفكرة الحقيقية للقوانين التقليدية للفيزياء، كالميكانيكا النيوتنية، يجب ألا تعتبر كمظاهر أساسية فعلاً للواقع، ولكنها من بقايا الانفجار الكبير، ونتيجة للحالة الكمومية الخاصة التي نشأ فيها الكون.

وإذا صح ذلك أيضاً، كما لاحظنا بإيجاز أعلاه، وكانت مقاومات ومديات قوى الطبيعة منوطة كذلك بحالة الكون الكمومية، عندئذ، نتوصل إلى استنتاج مهم. إن كلا الصفتين، الخطية والموضعية، لمعظم الأنظمة الطبيعية لن تكون إطلاقاً نتيجة لمجموعة ما أساسية من القوانين، ولكنها يجب أن تعزى إلى الحالة الكمومية الخاصة التي نشأ فيها الكون. إن مفهومية العالم، أي حقيقة أنه يمكننا أن نكتشف بالتدريج القوانين ونوسع فهمنا للطبيعة- حقيقة أن العلم ينجح- يجب ألا تكون صواباً حتمياً ومطلقا، ولكن يمكن تتبع أثرها إلى شروط كونية أولية خاصة، وربما خاصة جداً. وعندئذ، يجب أن تعزى "الفعالية اللامعقولة" للرياضيات في تطبيقها على العالم الطبيعي إلى شروط ابتدائية فعالة إلى حد غير معقول.


www.
al-maktabeh
.com
مكتبة
المهتدين

الفصل السابع

ما سـبب
كـون العالـم هكـذا؟

علق آينشتاين مرة قائلاً إن المسألة الأكثر أهمية بالنسبة له هي ما إذا كان لله أية إرادة بخلق العالم كما هو. لم يكن آينشتاين متدينا بالمعنى التقليدي، ولكنه كان يميل إلى أن يستخدم الإله كاستعارة لتوضيح الأسئلة العويصة حول الوجود. وطالما أثارت هذه المسألة الخاصة أجيالاً من العلماء، والفلاسفة، واللاهوتيين. هل كان يجب أن يكون العالم كما هو، أم كان يمكن أن يكون مختلفاً؟ وإذا كان يمكن أن يكون مختلفاً، فما نوع التعليل الذي يجب أن نبحث عنه لكونه على الحالة التي هو فيها؟

كان آينشتاين، في إشارته إلى مسألة حرية الإله في خلق عالم من اختياره، يلمّح إلى فيلسوف القرن الســابع عشر بندكت سبينوزا. وكان سبينوزا من القائلين بفكرة وحدة الوجود، التي تعتبر الأشياء في الكون الطبيعي صفات للإله أكثر منها خلقاً له. وعن طريق دمج الإله بالطبيعة، رفض سبينوزا الفكرة المسيحية للإله المتعالي الذي خلق الكون كعمل حر. ومن جهة أخرى، لم يكن سبينوزا ملحداً: كان يعتقد أن لديه برهاناً منطقياً على أن الله لا بد أن يكون موجوداً. وبما أنه دمج الإله في الكون الفيزيائي، فإن هذا الدمج يرقى إلى أن يكون برهاناً على أن عالمنا الخاص لا بد وأن يكون موجوداً أيضاً. والإله لا

اختيار له في هذه المسألة: فقد كتب "لا يمكن أن يكون الله أوجد الأشياء بأية طريقة أو بأي نظام يختلف عن ذلك الذي كان سائداً في الواقع."

الأشياء هي كما هي كنتيجة لنوع ما من الضرورة أو الحتمية المنطقية، هذا الأسلوب من التفكير شائع تماماً في هذه الأيام بين العلماء. مع ذلك، يفضلون، على الأغلب، أن يتركوا الله خارج ذلك التفكير جملة. فإذا كانوا على صواب، فإن هذا يشير ضمناً إلى أن العالم يشكل نظاماً مغلقاً وكاملاً للتعليل، كل شيء فيه يفسر السر ولن يبقى سراً. ويعني أيضاً أننا، من حيث المبدأ، لسنا بحاجة فعلاً إلى ملاحظة العالم لكي نصبح قادرين على اكتشاف شكله ومضمونه: لأن كل شيء ينتج من ضرورة منطقية، أي أنه يمكن الاستدلال على طبيعة الكون من العقل وحده. "أصدق هذا،" كتب آينشتاين عندما خامرته هذه الفكرة، "فالتفكير المحض يمكنه أن يدرك الحقيقة، كما كان يحلم القدماء. ... يمكننا أن نكتشف، عن طريق التراكيب الرياضية المجردة المفاهيم والقوانين التي تربطها بعضها ببعض، الأمر الذي يهيء مدخلاً لفهم الظواهر الطبيعية." طبعاً، قد لا نكون أذكياء بما يكفي حقاً لاستخراج المفاهيم والقوانين الصحيحة من الاستنتاج الرياضي وحده، ولكن ليست هذه هي النقطة الأساسية. فإذا كان مخطط تفسيري مغلق كهذا ممكناً، فإنه سوف يغيِّر بعمق تفكيرنا حول الكون ومكاننا فيه. ولكن هل هناك أساس ما لهذه الادعاءات بالكمال والتفرد، أم أنها مجرد أمل غائم؟

كونٌ يمكن إدراكه بالعقل

يكمن خلف هذه الأسئلة جميعها افتراض حاسم: العالم عقلاني ومفهوم. وكثيراً ما يُعبَّر عن هذا الافتراض بعبارة "مبدأ السبب الكافي،" الذي يعلن أن كل شيء في العالم هو كما هو لسبب ما. لماذا السماء زرقاء؟ لماذا يحمل المفتاح اللون الأزرق؟ لماذا تسقط حبات التفاح؟ لماذا يوجد تسعة كواكب في النظام الشمسي؟ ولا نكتفي عادة بالجواب: "لأنها هكذا وجدت." ونعتقد أنه لا بد أن يكون هناك سبب ما لكونها على تلك الحال. فإذا كانت هناك حقائق

حول عالم يجب أن نتقبله دون سبب (حقائق عجماء معروفة)، عندئذٍ، تنهار العقلانية ويكون العالم سخيفاً.

يسلِّم معظم الناس بمبدأ كفاية السبب دون اعتراض. فعلى سبيل المثال، يقوم المخطط العلمي بكامله على أساس العقلانية المفترضة للطبيعة. ويشايع معظم اللاهوتيين هذا المبدأ، لأنهم يؤمنون بإله عقلاني. ولكن، هل يمكن أن نتأكد، بصورة مطلقة، من عصمة هذا المبدأ؟ وهل هناك سبب كاف للإيمان بمبدأ كفاية السبب؟ لا شك في أن هذا المبدأ يعمل بنجاح عادة: حبات التفاح تسقط بسبب الجاذبية، والمفتاح أزرق لأن موجات الضوء القصيرة تتبعثر بواسطة جزيئات الهواء، وهلمجرا. ولكن ذلك لا يضمن نجاحه دائماً. ولا شك في أن المبدأ إذا كان خاطئاً، عندئذ، يصبح البحث في المسائل الأساسية عقيماً. وعلى كل حال، سواء كان هذا المبدأ معصوماً أم لا، فإنه جدير بأن نقبله كفرضية عملية لكي نعرف إلى أين يقودنا.

وفي مواجهة المسائل العويصة للوجود، علينا أن نضع في اعتبارنا إمكانية فئتين من الأشياء:

هناك، في الفئة الأولى، حقائق حول الكون الفيزيائي، كعدد الكواكب في النظام الشمسي. وعددها، في الواقع، تسعة كواكب، ولكن يبدو من غير المعقول الافتراض أنه يجب أن يكون هناك تسعة. فمن المؤكد أنه يمكن بسهولة أن نتخيل أن هناك ثمانية، أو عشرة. والتعليل النموذجي لسبب وجود تسعة كواكب يمكن أن يركز على الطريقة التي تشكل بها النظام الشمسي من سحابة من الغاز، والوفرة النسبية للعناصر في الغاز، وهكذا دواليك. وبما أن تعليلاً لسمات النظام الشمسي يعتمد على شيء ما آخر غير ذاته، يقال إن هذه السمات يجب أن تكون "مشروطة." ويكون شيء ما مشروطاً إذا كان يمكن أن يكون غير ذلك، بحيث يعتمد سبب كونه على ما هو عليه على شيء ما آخر، شيء ما غير ذاته.

وتشير الفئة الثانية إلى حقائق أو أشياء أو حوادث ليست مشروطة. وتعرف هذه الأشياء بـــالأشياء "الضرورية." ويكون الشيء ضرورياً إذا كان

كما هو مستقلاً عن أي شيء آخر. والشيء الضروري يتضمن السبب لذاته في ذاته، ويجب ألا يتغير بصورة كاملة حتى وإن اختلف كل شيء آخر.

يصعب الاقتناع بوجود أية أشياء ضرورية في الطبيعة. ولا شك في أن كل الأجسام الفيزيائية التي نواجهها في العالم، والحوادث التي تقع لها، تعتمد، بطريقة ما، على سائر العالم، ولهذا يجب اعتبارها مشروطة. علاوة على ذلك، إذا كان شيء ما بالضروة كما هو، عندئذٍ، يجب أن يبقى دائماً كما هو: لا يمكن أن يتغير. والشيء الضروري لا يمكن أن يشير إلى زمن. ومع أن حالة العالم تتغير باستمرار مع الزمن، لذلك يجب أن تكون مشروطة كل الأشياء الفيزيائية التي تشارك في ذلك التغيير.

وماذا عن الكون ككل، إذا أدخلنا الزمن بالذات إلى تعريف "الكون؟" أيمكن أن يكون ذلك ضروريا؟ هذا ما ادّعاه سبينوزا وأتباعه. لأول وهلة، يصعب إدراك أنهم ربما كانوا على صواب. يمكننا بسهولة أن نتخيل أن يكون الكون مختلفاً عما هو عليه. لا شك في أن مجرد كون المرء قادراً على أن يتخيل شيئاً ما لا يضمن أن يكون ذلك الشيء ممكناً، حتى لو كان ممكناً من الناحية المنطقية. ولكن أظن أن هناك أسباباً وجيهة تعلل السبب في احتمال أن يكون الكون مختلفاً، كما سأناقش بعد قليل.

وماذا عن قوانين الفيزياء؟ وهل هي ضرورية أم مشروطة؟ هنا، نجد الحالة أقل وضوحاً. مــن الطبيعي أن تُعتبَر هــذه القوانين لا نهائية وأزلية، وهذه الحالة ربما هي التي جعلت تلك القوانين ضرورية. ومن ناحية أخرى، تُظهِر التجربة، من خلال التقدم الذي تحققه الفيزياء، أنه حيثما توقعنا وجود قوانين مستقلة، نكتشف أن تلك القوانين مترابطة بعضها ببعض. ولدينا مثال جيد على ذلك هو الاكتشـــاف الحديث حول أن القوة النووية الضعيفة والقوة الكهرطيسية هما، في الواقع، وجهان لقوة أحادية ضعيفة كهربائياً يصفها نظام شائع للمعادلات. وهكذا تصبح القوى المستقلة مشروطة بالقوى الأخرى. ولكن، يحتمل أن تكون

هناك قوة فائقة، أو حتى قانون فائق توحيدي بكل ما في هذه الكلمة من معنى، فهل ذلك ضروري؟ يقول بهذا كثير من علماء الفيزياء. ويشير بعض العلماء المعاصرين، كالكيميائي الأكسفوردي بيتر أتكنز، إلى هذا الميل للفيزياء الأساسية نحو قانون فائق توحيدي للتأكيد بأن العالم الفيزيائي ليس مشروطاً ولكنه ضرورة كما هو. ويشددون على أنه لا مبرر للبحث عن مزيد من التعليل في علم ما وراء الطبيعة. ويتطلع هؤلاء العلماء إلى وقت تتحد فيه كافة قوانين الفيزياء في مخطط رياضي واحـــد، ويزعمون أن ذلك المخطط ســيكون المخطط الوحيد المتــاح المتساوق الأجزاء منطقياً.

ولكن علماء آخرين لفتوا الانتباه إلى هذا التوحيد المترقي بالذات وتوصلوا إلى استنتاج مضاد. فعلى سبيل المثال، تأثر البابا جون بول الثاني بعمق بالتقدم المثير الذي تحقق في ربط مختلف الجسيمات الابتدائية للمادة وقوى الطبيعة الأساسية الأربع، ورأى مؤخراً أنه من المناسب أن يخاطب مؤتمراً علمياً حول المضامين الواسعة:

"لدى علماء الفيزياء معرفة مفصلة وإن تكن ناقصة ومؤقتة حول الجسيمات والقوى الأساسية التي تتفاعل من خلالها بطاقات ضعيفة ومتوسطة. ولديهم اليوم نظرية مقبولة توحد القوى الكهرطيسية والنووية الضعيفة، إضافة إلى نظريات الحقل الموحد الشاملة الأقل كفاية بكثير مع أنها ما تزال واعدة وتحاول أن تدمج التفاعل النووي القوي أيضاً. وإلى مسافة أبعد في مجرى هذا التطور بالذات، هناك الآن عدد من الاقتراحات المفصلة بخصوص المرحلة النهائية، التوحيد الفائق، أي، توحيد القوى الأساسية الأربع كلها، بما في ذلك الجاذبية الأرضية. أليس مهماً بالنسبة لنا أن نذكر أنه يوجد، في عالم تخصصي مفصل كالفيزياء المعاصرة، دافع نحو التقارب؟"

والنقطة الأســاسية بشأن هذا التقارب هــي الطريقة التي يطوق فيها تدريجياً القوانين المقبولة للفيزياء. وكل ارتباط جديد يتشكل يحتاج إلى اعتماد

متبادل وثبات مشتركين بين القوانين التي تحكم الأجزاء المستقلة حتى الآن. والشرط الأساسي لكي تكون كافة النظريات منسجمة مع الميكانيكا الكمومية ونظرية النســبية، مثلاً، تفرض الآن قيوداً على الصيغة الرياضية التي يمكن أن تسلِّم القوانين بها. يبعث هذا على الظن بأن التقارب قد يكتمل يوماً ما، وربما سريعاً، والحصول على تفسير موحد تماماً لكل قوانين الطبيعة. هذه هي فكرة ما يدعى بالنظرية الشمولية، التي أتينا على ذكرها باختصار في الفصل الأول.

نظرية شمولية واحدة

هل يعقل أن تكون هناك نظرية شمولية؟ كثير من العلماء يظن ذلك. ويعتقد بعضهم أيضاً أن بعض هذه النظريات يمكن تقريباً أن يكون بين أيدينا فعلاً. ويستشهدون بنظرية الأوتار الفائقة الشائعة اليوم كمحاولة لدمج كافة القوى والجسيمات الأساسية للفيزياء، إضافة إلى بنية المكان والزمان، في مخطط رياضي واحد يشمل كل شــيء. هذه الثقة ليســت جديدة في الواقع. فهناك تاريخ طويل لمحاولات إنشاء تفسيرات توحيدية تماماً للعالم. ففي كتابه نظريات كل شيء: البحث عن تفســير نهائي، يعزو جون بارو جاذبية هذه النظرية إلى الإيمان العاطفي بكون عقلاني: هناك منطق يمكن إدراكه وراء الوجود الفيزيائي الذي يمكن ضغطه إلى صيغة إلزامية وموجزة.

والسؤال الذي يطرح، في ظل تحقيق هذا التوحيد التام، هو ما إذا كانت النظرية ستصبح محكومة بقوة بشروط الاتساق الرياضي الذي يجعلها فريدة. فإذا صح ذلك، عندئذ، يمكن أن يكون للفيزياء نظام واحد موحد فقط، بمختلف قوانينه المثبته عن طريق الضرورة المنطقية. ويقال إنه سيتم تفسير العالــم: قوانين نيوتن، ومعادلات ما كســويل عــن المجال الكهرطيســي، ومعادلات آينشتاين عن مجال الجاذبية وكل ما تبقى سوف ينتج بإصرار من متطلبات الاتساق المنطقي بلا ريب كما نتجت نظرية فيثاغورث من بديهيات

هندسة أقليدس. ولنمضِ بهذه المناقشة إلى نهايتها. فلا ضرورة لأن يزعج العلماء أنفسهم، بعد الآن، بالملاحظة أو التجربة. فالعلم لم يعد مسألة تجريبية، بل فرع من منطق استنتاجي، احتلت فيه قوانين الطبيعة منزلة النظريات الرياضية، وخواص العالم يمكن استنتاجها باستخدام العقل وحده.

ساد الاعتقاد زمناً طويلاً في أنه يمكن معرفة طبيعة الأشياء في العالم فقط من طريق استخدام العقل المجرد، أي باستخدام الحجة المنطقية الاستنتاجية من المقدمات المنطقية البديهية. ويمكن أن نجد مبادىء هذه المقاربة في كتابات أفلاطون وأرسطو. ثم عادت إلى الظهور في القرن السابع عشر مع الفلاسفة العقلانيين، مثل ديكارت، الذي أنشأ نظاماً للفيزياء قصد به أن يتجذر في العقل وحده، بدلاً من الملاحظة التجريبية. وبعد ذلك بوقت طويل، في ثلاثينيات القرن الماضي حاول عالم الفيزياء إ. أ. ملنه أيضاً إنشاء وصف استنتاجي للجاذبية وعلم الكونيات. وفي السنوات الأخيرة شاعت من جديد فكرة أن وصفاً موحداً تماماً للفيزياء يمكن أن يصبح ممكناً إثباته استنتاجياً، وهذا ما شجع ستيفن هوكنغ على أن يختار لمحاضرته التدشينية لكرسي لوكاسيان العنوان المثير "هل نهاية الفيزياء النظرية قريبة؟"

ولكن، هل هناك دليل على احتمال حدوث مثل هذه الحالة؟ إذا تجاوزنا الشكوك حول ما إذا كان العمل الحالي بالأوتار الفائقة وما شابه يشير فعلاً إلى توحيد مبكر، فإنني أظن أن تفرد نظرية التوحيد الفائق خطأ يمكن إثباته. لقد توصلت إلى هذا الاستنتاج لعدة أسباب. أولها، هو أن علماء الفيزياء النظرية كثيراً ما يدرسون "الأكوان الدمى" المتساوقة رياضياً التي لا تتطابق بالتأكيد مع عالمنا. وكنت شرحت سبب هذا في الفصل الأول. وقد واجهنا سابقاً كوناً دمية كهذا-الجهاز الخليوي الآلي التشغيل. وهناك الكثير غيره. ويبدو لي أنه لكي يأمل المرء بأي تفرد، فإنه لا يحتاج فقط إلى الانسجام الذاتي، بل إلى مجموعة من المواصفات المشروطة، كالتوافق مع النسبية، أو وجود تماثلات معينة، أو وجود ثلاثة أبعاد للمكان وبعد واحد للزمان.

وترتبط المشكلة الثانية بالمفهوم الحقيقي للتفرد المنطقي والرياضي. فالرياضيات يجب أن تقوم على أساس مجموعة من البديهيات. ومع أنه يمكن استنتاج نظريات الرياضيات من ضمن نظام البديهيات، فإن البديهيات ذاتها لا يمكن استنتاجها كذلك، بل يجب تبريرها من خارج النظام. ويمكن للمرء أن يتخيل العديد من مختلف مجموعات البديهيات التي تؤدي إلى مخططات منطقية مختلفة. وهناك أيضاً المشكلة الخطيرة لنظرية غوديل. ولنتذكر أنه، وفقاً لهذه النظرية، لا يمكن عموماً، من ضمن نظام البديهيات، أن نثبت حتى انسجام تلك البديهيات. وإذا أمكن إظهار هذا الانسجام، عندئذ، سيكون نظام البديهيات ناقصاً، بمعنى أنه يجب أن تكون هناك تعابير رياضية لا يمكن إثبات صحتها ضمن ذلك النظام. وقد ناقش ستينارد راسل، في مقالة حديثة، المعاني الضمنية لتوحيد علم الطبيعة:

"إن نظرية حقيقية شمولية يجب ألا تعلل فقط كيف وُجِد عالمنا، بل أيضاً ما سبب كونه النموذج الوحيد لكونٍ كان وجوده ممكناً– لماذا كانت هناك مجموعة واحدة فقط من قوانين الفيزياء.

هذا الهدف خادع، كما أظن. ... هذه الحاجة المتأصلة، إلى الكمال والتي لا يمكن تفاديها، يجب أن تعكس نفسها في أي نظام رياضي يصوغ كوننا وفقاً لنموذج ما. ونحن، كمخلوقات تنتمي إلى العالم الفيزيائي، سوف ندرَج كجزء ضمن ذلك النموذج. وينتج عن ذلك أننا لن نستطيع أبداً تبرير اختيار البديهيات في النموذج – وبالتالي القوانين الفيزيائية التي تقابل تلك البديهيات. ولن نستطيع أيضاً أن نفسر كافة الصيغ الحقيقية التي يمكن وضعها حول الكون."

ويدرس جون باراو أيضاً القيود التي تتضمنها نظرية غوديل بخصوص نظرية شمولية، وينتهي إلى أن نظرية كهذه ستكون بعيدة عن أن تكون كافية لكشف ألغاز كون مثل كوننا. ... لا توجد صيغة يمكنها أن توصل كل الحقيقة، كل الانسجام، كل البساطة. ولا يمكن حتى لنظرية كل شيء أن توفر أبداً تبصراً شاملاً. لأن النظر خلال كل شيء يجعلنا لانرى شيئاً أبداً.

وهكذا، يبدو أن البحث عن نظرية فريدة بحق لكل شيء تتخلص من كل حادث وتثبت أن العالم الفيزيائي يجب أن يكون بالضرورة كما هو قد باء بالفشل على أرضية الاتساق المنطقي. وما من نظام منطقي يمكنه أن يثبت أنه متساوق وكامل. وسيبقى هناك دائماً شيء من الانفتاح، عنصر من سر، شيء ما غير واضح. يقرّع الفيلسوف توماس تورانس أولئك الذين يستسلمون إلى إغراء الظـــن بأن الكـــون "نوع من حركة دائمة، موجود بذاته، مكتف بذاته، جرم مفسر نفسه بنفسه، متساوق تماماً وكامل بذاته وبالتالي محبوس ضمن استدارة لا معنى لها من ضرورات لا مفر منها". ويحذّر قائلاً، "ليس هناك مبرر ذاتي في الكون يعلل وجوب وجوده، أو لماذا هـــو كما هو فعلاً: ومـــن هنا، فإننا نخدع أنفســـنا إذا اعتقدنا أنه يمكننا، في علمنا الطبيعي، أن نثبت أن الكون يمكن أن يكون فقط كما هو."

هل يمكن لقوانين عالمنا، ما دامت غير فريدة منطقياً، أن تكون، مع ذلك، القوانين الوحيدة التي يحتمل أن تكون أيضاً هي سبب التعقيد؟ قد يكون عالمنا هـــو الوحيد الممكن الذي يســـمح بوجود القوانين البيولوجية، وبالتالي، نشوء المتعضيات الواعية. وآنئذٍ يكون هـــو الكون الوحيد الممكن الذي يمكن إدراكه. أو، لنعد إلى سؤال آينشتاين حول ما إذا كان للإله أي خيار في خلقه، ، وسيكون الجواب، لا، ما لم يكن قد أراد له أن يعمل دون متابعة. أتى على ذكر هذه الإمكانية ستيفن هوكنغ في كتابه تاريخ موجز للزمن: "قد يكون هناك فقط نظرية واحدة، أو عدد بســـيط من النظريات الموحدة التامة، كنظرية الأوتار المتغايرة، متساوقة مع ذاتها وتسلّم بوجود بُنىً معقدة كالكائنات الإنسانية يمكنها أن تبحث في قوانين الطبيعة وتسأل حول طبيعة الإله."

لست متأكداً من وجود عائق منطقي في وجه هذا الاقتراح الأضعف. ولكنني أعرف أنه لا يوجد دليل يؤكد وجوده على نحو قاطع. ويمكن طرح القضية على اعتبارنا نعيـــش في أبســـط كون محتمل يمكن إدراكه – أي أن

قوانين الفيزياء هي المجموعة الأبسط المتساوقة الأجزاء التي تسمح بوجود منظومات تتكاثر ذاتياً. ولكن هذا الهدف المتواضع، كما يبدو، بعيد المنال أيضاً. وكما رأينا في الفصل الرابع، هناك عوالم من الأجهزة الخليوية الآلية التشغيل التي يمكن أن تحدث فيها عمليات التكاثر الذاتي، وقواعد تعريف هذه العوالم في غاية البساطة إلى درجة يصعب معها أن نتصور أن القوانين الأساسية الموحدة للفيزياء أبسط منها.

تعالوا ننتقل إلى مشكلة أكثر خطورة فيما يتصل بالخلاف حول "الكون الفريد،" والتي كثيراً ما يتم إغفالها. فحتى لو كانت قوانين الفيزياء فريدة، فإن هذا لا يقتضي منطقياً أن يكون الكون الفيزيائي نفسه فريداً. فقوانين الفيزياء، كما شرحت في الفصل الثاني، يجب أن تكون تعززت بالشروط الكونية الابتدائية. ويمثل اقتراح هارتله وهوكنغ الذي درسناه في نهاية ذلك الفصل مجموعة واحدة ممكنة من الشروط الابتدائية. والآن، ومع أن هذا قد يكون خياراً طبيعياً، فإنه الخيار الوحيد من سلسلة لا متناهية من الخيارات الممكنة. ولا يوجد شيء مهم في الأفكار المطروحة حول "قوانين الشروط الابتدائية" يوحي بأن اتساقها مع قوانين الفيزياء يقتضي التفرد. وعلى العكس، فقد احتج هارتله بالذات أن هناك مبررات عميقة للاعتقاد بعدم وجود قوانين فريدة: "نحن نضع نظرياتنا على اعتبارها جزءاً من الكون، لا خارجه، وهذه الحقيقة تحدد، بشكل حتمي، النظريات التي نضعها. فعلى سبيل المثال، يجب أن تكون نظرية الشروط الابتدائية بسيطة بما يكفي لكي يستوعبها الكون." وعندما نقوم بإنجاز علمنا، فإنما نقوم بإثارة المادة. وحتى عملية التفكير تتضمن تشوش الألكترونات في أدمغتنا. ومع أن هذه التشوشات ضئيلة، فإنها، مع ذلك، تؤثر على مصير ألكترونات وذرات أخرى في الكون. ويستنتج هارتله: "على ضوء هذا، يجب أن تكون هناك نظريات كثيرة للشروط الابتدائية ولكن عملنا في وضعها كان سبباً في غموضها."

هناك شائبة أخرى تتعلق بالطبيعة الكمومية أصلاً للعالم، بلا حتميته المتأصلة. ويجب أن تجسد كافة النظريات الشمولية المرشحة هذا المبدأ الذي يتضمن أن أفضل نظرية توضع يجب أن تثبت نوعاً من عالم أكثر احتمالاً. وسوف يختلف العالم الراهن، على المستوى دون الذري، بعدد لا يحصى من الطرق التي لا يمكن التنبؤ بها. ويمكن أن يكون هذا عاملاً رئيساً حتى على المستوى العياني. فعلى سبيل المثال، إن صداماً واحداً دون ذري يمكن أن يسبب طفرة بيولوجية قد تغير مجرى التطور.

نظام شرطي

يبدو إذن أن الكون الفيزيائي يجب ألا يكون كما هو: كان يمكن أن يكون على خلاف ذلك. وأخيراً، إن الافتراض بأن الكون مشروط ومدرك فقط بالعقل هو الذي يؤمِّن الدافع إلى العلم التجريبي. لأنه، دون الشرطية، لكنا قادرين، من حيث المبدأ، على تفسير الكون باستخدام الاستنتاج المنطقي وحده، دون ملاحظته أبداً. ودون الإدراك بالعقل لن يكون هناك علم. ويكتب الفيلسوف أيان بِربَر "اتحاد الشرطي والمُدرك هو الذي يحثنا على البحث عن أشكال جديدة وغير متوقعة لنظام عقلاني." ويشير بربر إلى أن حدوث العالم رباعي. أولاً، تبدو قوانين الفيزياء ذاتها مشروطة. ثانيا، ربما كان من الممكن أن تكون الشروط الكوزمولوجية الابتدائية على خلاف ما هي عليه. ثالثاً، نحن نعرف من الميكانيكا الكمومية أن "الله يلعب النرد"-أي، هناك، في الطبيعة، عنصر إحصائي أساسي. وأخيراً، هناك حقيقة تقول إن الكون موجود. مع ذلك، مهما تكن نظرياتنا حول الكون شاملة، فليس هناك مايُجبِر الكون فعلاً على تجسيد تلك النظرية. وقد عمل ستيفن هوكنغ بنشاط على توضيح النقطة الأخيرة، عندما سأل: "لماذا يتحمل الكون كل إزعاج الوجود؟ ما الذي ينفث اللهب في المعادلات ويصنع لها كوناً لكي تصفه؟"

أظن أن هناك نمطاً خامساً للشرطية، ذاك الذي نجده في قوانين "المستوى الأعلى" التي تترافق بصفات تنظيمية لأنظمة معقدة. وقد قدمت وصفاً كاملاً لما أقصده بهذه القوانين في كتابي التصميم الكوني. ولهذا، سوف ألتزم ببضعة أمثلة. ذكرت قبلاً قوانين الوراثة عند ماندل، التي، على الرغم من تساوقها مع القوانين المستبطنة للفيزياء، لا يمكن أن تكون اشتُقّت فقط من قوانين الفيزياء. وبالمثل، تعتمد مختلف القوانين وجوانب الانتظام التي نجدها في المنظومات المشوشـــة، أو منظومات التنظيم الذاتي ليس فقط على قوانين الفيزياء، بل أيضاً على الطبيعة النوعية للمنظومات ذات العلاقة. وفي حالات كثيرة، يعتمد الشكل الدقيق لأنماط السلوك التي اختارتها هذه المنظومات على شيء من التموج العرضي المجهري، ولذلك، يجب اعتباره غير مقرر سلفاً. وتتمتع هذه القوانين وجوانب الانتظام العالية المستوى بصفات مشروطة مهمة تتجاوز القوانين العادية للفيزياء.

والســـر الكبير حول الشـــرطي لا يكمن فقط في أن العالم كان يمكن أن يكون على خلاف ما هو عليه، ولكنه تم تنظيمه بصورة مشروطة أيضاً. ويظهر هذا بقوة أكبر في المملكة البيولوجية، حيث تكون المتعضيات الأرضية حادثة على نحو أكثر وضوحاً في أشكالها الخاصة (يمكنها بسهولة كبيرة أن تكون مختلفة)، وأيضاً، حيث يوجد نظام واضح وشامل في المحيط الحيوي. فلو كانت الأشياء والحوادث في العالم مجرد مصادفة ولم تُنظَّم بطريقة مهمة على نحو خاص، لكان تنظيمها الخاص ما يزال غامضاً. ولكن حقيقة أن الميزات المشروطة منظمة ومنمذجة أيضاً تحظى، بالتأكيد، بأهمية كبيرة.

وهناك صفة أخرى مناسبة للشرطية المنظمة للعالم تتصل بطبيعة ذلك النظام، الذي يبدو وكأنه يضفي وحدة منطقية على الكون. علاوة على ذلك، إن هذه النظامية الكلية مفهومة بالنسبة لنا. وهذه السمات تجعل السر عميقاً أكثر فأكثر. ولكن، أياً كان تفسيره، فإن المخطط العلمي بكامله يقوم على

أساسه. ويكتب تورانس، "إنه هذا الاجتماع للمشروط، والعقلانية، والحرية والاستقرار في الكون، هو الذي يضفي عليه صفته الاستثنائية، ويجعل الاستكشاف العلمي له ليس ممكناً فقط بل واجباً علينا. ... إنه عن طريق التعويل على الرباط الأبدي بين الشرطي والنظام في الكون قُيِّض لعلم الطبيعة أن يؤثر على الترابط بين التجربة والنظرية التي تميز صنوف تقدمنا الأوسع في معرفة العالم الفيزيائي."

توصلت إلى استنتاج يقول إن الكون الفيزيائي ليس مجبراً على أن يوجد كما هو؛ بل كان يمكن أن يكون مختلفاً. وفي تلك الحالة، نعود إلى مواجهة مشكلة لماذا وُجِد بالصيغة التي هو عليها. فأي نوع من التعليل يمكن أن نلتمس لوجوده وشكله الاستثنائي؟

دعونا أولاً نتخلص من محاولة تافهة إلى حد ما للتفسير الذي يُقترَح أحياناً. فقد جادل بعضهم في أن كل شيء في الكون يمكن تفسيره بلغة شيء ما آخر، وهذا أيضاً بلغة شيء ما آخر ، وهكذا دواليك، في سلسلة لا متناهية. وكما ذكرت في الفصل الثاني، لقد استخدم بعض المؤيدين لنظرية حالة الاستقرار هذه المحاكمة العقلية، على أساس أن الكون ليس له منشأ في الزمن بموجب هذه النظرية. مع ذلك، من الخطأ الفادح أن نفترض أن سلسلة لا متناهية من التفسير مرضية على أساس أن كل جزء من تلك السلسلة يوضحه الجزء التالي. ومن جديد يواجه المرء سر وجود تلك السلسلة الخاصة، أو ما السبب في وجود أية سلسلة أياً كانت. تناول ليبنتز هذه النقطة بفصاحة بدعوتنا إلى دراسة مجموعة غير محددة من الكتب، كل واحد منها نُسِخ من كتاب سابق. والقول إنه تم بذلك تفسير محتوى الكتاب هو مجرد سخف. ويبقى مبرراً لنا أن نسأل من هو المؤلف.

يبدو لي أنه، إذا ثابر المرء على مبدأ كفاية الحجة ومتطلبات التفسير المنطقي للطبيعة، عندئذ، لن يكون أمامنا خيار سوى أن نبحث عن ذلك التفسير في شيء ما يقع وراء نطاق العالم الفيزيائي أو خارجه-

في شيء ما ميتافيزيقي- لأن كوناً فيزيائياً مشروطاً، كما رأينا، لا يتضمن في ذاته تفسيراً لذاته. فما الواسطة الميتافيزيقية التي يمكنها أن تخلق كوناً؟ من المهم أن نحذر الصورة البسيطة لـ خالق ينتج كوناً في لحظة ما في الزمن بوسيلة خارقة للطبيعة، كمشعوذ يسحب أرنباً من قبعة. فالخلق، كما شرحت أخيراً، لا يمكن أن يتألف من مجرد إحداث الانفجار الكبير. ونحن نبحث، بدلاً من ذلك، عن فكرة للخلق أزلية وأكثر دقة تنفث، كما يقول هوكنغ، لهباً إلى المعادلات، وبالتالي، تعمل فقط على تعزيز إمكانية الوجود فعلاً. هذه الواسطة مبدعة بمعنى كونها مسؤولة إلى حد ما عن قوانين الفيزياء، التي تتحكم، من بين أشياء أخرى، بتطور الزمان المكاني.

من الطبيعي أن يجادل اللاهوتيون في أن الواسطة الإبداعية التي وفرت تفسيراً للكون هي الإله. ولكن هذه الكينونة، أي نوع من النظام هي ؟ لو كان الله عقلاً (أو ذكاء)، لأمكننا أن نصفه تماماً كشخص. ولكن ما كل الموحدين يسلِّمون بضرورة هذا. ويفضل البعض أن يعتبروا الإله كجوهر بذاته أو كقوة مبدعة، أكثر منه ذكاء. وقد لا تكون العقول والقوى، في الواقع، هي الأنظمة الوحيدة التي تتمتع بإمكانية الخلق. حاول الفيلسوف جون ليسلي أن يثبت أن "الحاجة الأخلاقية" يمكن أن تنهض بالمهمة، وهي فكرة عزاها إلى أفلاطون. وبمعنى آخر، يوجد الكون لأنه من المفيد أن يوجد. ويكتب ليسلي، "يصبح الإيمان بالله إيماناً بأن الكون يوجد لأنه كان يجب أن يوجد." فكيف يمكن لـ "حاجة أخلاقية" أن تبدع كوناً؟ مع ذلك، أكرر القول إننا لا نتحدث هنا حول الخلق بالمعنى السببي الميكانيكي، كما في حالة قيام بنّاء ببناء بيت ما. بل نتحدث عن "نفث اللهب" إلى المعادلات التي تشفِّر قوانين الفيزياء، مما يشجع الممكن فحسب إلى واقعي. ما نوع الكيانات التي يمكنها أن "تنفث لهباً" بهذا المعنى؟ من الواضح أنها ليست شيئاً مادياً مألوفاً. فإذا كان هناك من جواب بأية حال، فإنه سيكون إلى حد

ما شيئاً مجرداً وغير مألوف. فليس هناك تناقض منطقي في أن نعزو قدرة إبداعية إلى صفات أخلاقية وجمالية. ولكن لا توجد ضرورة منطقية لعمل من هذا النوع. مع ذلك، يقترح ليسلي أنه قد يكون هناك معنى غير منطقي أضعف لضرورة ضمنية: أي قد تكون "الطِّيبَة " ملزمة إلى حد ما بخلق كون لأنه حَسَنٌ فِعلُ ذلك.

إذا كان المرء مستعداً للأخذ بفكرة أن الكون لم يوجد دون مبرر، وإذا كان من الملائم أن نعتبر أن إلهاً هو ذلك المبرر (سواء فكر المرء بشخص، أو قوة مبدعة، أو حاجة أخلاقية، أو مفهوم ما لم تتم صياغته بعد)، عندئذٍ يكون السؤال الأول الذي يجب معالجته: بأي معنى يمكن أن يقال إن الإله مسؤول عن قوانين الفيزياء (والسمات الأخرى المشروطة للعالم)؟ ولكي يكون لهذه الفكرة أي معنى، يجب أن يختار الإله، بطريقة ما، عالمنا مــن خيارات عديدة. يجب أن يكون هنــاك عنصر ما للاختيار المعني. يجب نبذ بعض الأكوان الممكنة. وبالتالي، أي نوع من الإله سيكون هذا؟ مــن طريق الافتراض، يجب أن يكون عقلانياً. وليس هناك هدف من اســتحضار إله لا عقلاني؛ عندئذٍ، يمكن أيضاً أن نقبل بكون لا عقلاني كما هو. وســيكون أيضاً كلي القدرة. وإذا لم يكن الإله كلي القدرة، فإن قدرته ستكون مقيدة بطريقة ما. ولكن، ما الذي يكبح هذه القدرة؟ لابد أننا بحاجة إلى أن نعرف تباعاً كيف نشأ هذا التقييد، وما الذي حدد شكل القيود: وبدقة، ما المسموح وغير المسموح للإله القيام به؟ (نلاحظ أنه حتى إله كلي القدرة يخضع لقيود المنطق. فهو لا يمكنه، مثلاً، أن يحول دائرة إلى مربع). وعن طريق المحاكمة العقلية نفسها، هل يجب أن يكون الإله مثالياً، لأن أي نظام سوف يسبب كل العيوب؟ كما يجب أن يكون عالماً بكل شيء- أي، يجب أن يكون مدركاً لكافة الخيارات المحتملة منطقياً- بحيث يكون في موضع يؤهله اتخاذ قرار منطقي.

العالم الأفضل بين العوالم الممكنة كافة

قام ليبنتز بعرض النقاش أعلاه بالتفصيل في محاولة لكي يثبت، على أســاس عقلانية الكون، أن الإله موجود. واستنتج من هذا النقاش الكوزمولوجي أن كائناً منطقياً، كاملاً، كلي القدرة، عالماً بكل شيء لا بد أن يختار حتماً العالم الأفضل من بين العوالم الممكنة كافة. ما السبب؟ لأن الإله المثالي إذا اختار، وهو يعرف، عالماً أقل من مثالي، لاعتبر ذلك الاختيار غير عقلاني. وعندئذٍ، سنطلب تعليلاً لذلك الاختيار الخاص. ولكن ماالتفسير الممكن لذلك؟

فكرة أن عالمنا هو الأفضل بين كافة العوالم الممكنة لم ترق للكثيرين. فقد سخر فولتير بضراوة من ليبنتز (في دور الدكتور بنغلوس) حول هذه النقطة: "يا للدكتور بنغلوس! إذا كان هذا أفضل عالم ممكن، فكيف يجب أن تكون العوالم الأخرى؟ "ويتركز الاعتراض عادة على مشــكلة الشــر. فعلى سبيل المثال، يمكن لنا أن نتصور عالماً ليس فيه ألم ومعاناة. ألن يكون عالم كهذا هو العالم الأفضل؟

إذا تركنا المسائل الأخلاقية جانباً، فإنه يمكن أن يبقى هناك معنى ما فيزيائي يكون فيه عالمنا أفضل من كافة العوالم الممكنة. لا شك في أن أحدنا سيعتريه الذهول لضخامة غنى وتعقيد العالم الفيزيائي. فيبدو أحياناً وكأن الطبيعة قد "ضلت سبيلها" نحو إنتاج عِالم ممتع ومثمر. حاول فريمان دايسون أن يدرك هذه الخاصية في مبدئه حول التنوع الأعظمي: كما لو كانت قوانين الطبيعة والشروط الابتدائية بصدد أن تجعل الكون ممتعاً بقدر الإمكان. هنا يترجم "الأفضل" إلى "الأغنى،" بمعنى التنوع والتعقيد الأكبر للأنظمة الفيزيائية. وتكمن البراعة في جعل هذا، بطريقة ما، دقيقاً من الناحية االرياضية.

ومؤخراً، قــدم عالمـــا الفيزياء والرياضيات لي ســـمولين ويوليان بربر اقتراحاً خيالياً للطريقة التي يمكن فيها تحقيق ذلك. فقد خمّنا أن هناك مبدأ أساسياً للطبيعة يسبب ذلك التنوع الأعظمي في الكون. وهذا يعني أن الأشياء نظمت نفسها بحيث تنتج أكبر قدر من التنوع، بمعنى ما لكي تُعرَّف بدقة. واقترح ليبنتز أن العالم يعرض موضوع التنوع الأقصى إلى أعلى درجة في النظام. يبدو هذا مؤثراً ولكنه، مع ذلك، لا يضيف الكثير مالم يُعطَ معنى رياضياً واضحاً. من هنا انطلق سمولين وبربر، وإن يكن بأسلوب متواضع. فقد عرَّفا "التنوع" بالقياس إلى أبسط نظام يمكن تصوره: مجموعة من النقاط تتصل بشبكة من الخطوط، كخريطة الطرق الجوية، ويسميها علماء الرياضيات "رسماً بيانياً." لا ينبغي للنقاط والخطوط أن تتطابق مع الأشياء الحقيقية في الفراغ الحقيقي، بل تمثل فقط نوعاً من الترابط البيني المجرد الذي يمكن دراسته لذاته. ومن الواضح أنه سيكون هناك رسوم بيانية بسيطة ورسوم بيانية معقدة، اعتماداً على الطريقة التي تم فيها الربط. ويحتمل أن نجد رسوماً بيانية واضحة المعالم بمعنى ما هي الأكثر تنوعاً في التنظيم عند النظر إليها من كل الجوانب المختلفة (النقاط). وتكمن البراعة في ربط كل هذا بالعالم الواقعي. ما هذه النقاط والخطوط؟ والرأي هو أنها نوع ما من تمثيل مجرد لجسيمات في فراغ ثلاثي الأبعاد، وأن مفاهيم كالمســـافة بين الجسيمات يمكن أن تنشـــأ بصورة طبيعية من العلاقات البيانية. عند هذه المرحلة، تبقى الفكرة سطحية إلى حد ما، ولكنها تُظهِر، على الأقل، نوعاً من الأشـــياء التي يمكن للمنظرين أن يقوموا بها لتوسيع آفاقهم في مقاربتهم لطبيعة القوانين الفيزيائية.

ويمكن أن نتصور صيغاً أخرى مـــن المثلنة، طرقاً مختلفة قد يكون عالمنا فيها العالم الأفضل من العوالم كافة. فقد ذكرت أن قوانين الفيزياء تشبه شيفرة كونية، "رسالة" مطمورة، بصورة خفية، في معطيات ملاحظاتنا. وكان جون باراو يظن أن القوانين الخاصة لعالمنا قد تمثل نوعاً ما من تشفير أمثل. وأكثر ما يعرفه العلماء اليوم حول الشيفرات ونقل المعلومات ينشأ من العمل

الرائد الذي قام به في زمن الحرب كلود شانون، الذي أصبح كتابه حول نظرية المعلومات كلاسيكياً. وواحدة من المشكلات التي عالجها شانون هي التأثير الذي تمارسه قناة نقل كثيرة الضجيج على الرسالة. وكلنا يعرف إلى أي مدى يمكن للضجة على خط الهاتف أن تجعل المحادثة صعبة؛ وعلى وجه التعميم، الضجة تشـوه المعلومات. ولكن يمكن الالتفاف على المشـكلة عن طريق تشفير الرســالة بإسهاب مناسب. وهذا هو المبدأ المعمول به في أجهزة الاتصال عن بعد. وقام باراو بتوسيع الفكرة إلى قوانين الطبيعة. فالعلم، على الرغم من كل شيء، حوار مع الطبيعة. فعندما نقوم بإجراء التجارب، فنحن إنما نستجوب الطبيعة. علاوة على ذلك، إن المعلومات التي نستعيدها لا تحتفظ بنقائها الأصلي؛ إنها مشوهة بكل أنواع "الضجيج" الذي يدعى بالخطأ التجريبي، الذي ينشأ من عوامل عديدة. ولكن كما سبق أن أكدت، إن معلومات الطبيعة ليست نصاً بسيطاً؛ إنها على شكل شيفرة. واقتراح باراو هو أنه يمكن تركيب هذه "الشيفرة الكونية" خصوصاً لنقل معلومات مثلى بالمقارنة مع نظرية شانون: "لتحقيق هذا الوعد بتوفير أمانة عالية إلى حد تحكمي في إرسال الإشــارة ، يجب تشفير الرسالة بطريقة خاصة. ... بطريقة ما مجازية غريبة، تبدو الطبيعة 'مطمورة' بواحدة من تلك الصيغ المناسبة."وقد يوضح هذا نجاحنا المرموق في تشفير الرسالة والكشف عن قوانين شاملة.

وهناك نموذج آخر للنزوع إلى الأمثل يرتبط بالصيغة الرياضية لقوانين الطبيعة ويتصل ببساطتها التي كثيراً ما يستشهد بها. وقد لخصها آينشتاين عندما كتب: "تجربتنا، حتى الآن، تبرر لنا الاعتقاد بأن الطبيعة هي إدراك أبسط الأفكار الرياضية التي يمكن إدراكها." لا شــك فــي أن هذا يبعث على الحيرة. ويكتب باراو: "إنه لغز بما يكفي أن يوصف العالم بواسطة الرياضيات، إلا أنها رياضيات بسيطة، من النوع الذي نعرفه بعد دراسة نشيطة لبضع سنوات، وهذا هو السر الذي ينطوي عليه اللغز." وبالتالي، هل العالم الذي نعيش فيه هو العالم الأفضل من بين العوالم الممكنة كافة، بمعنى أنه يحظى بأبسط وصف رياضي؟

لا أظن ذلك، وكنت قد عرضت الأسباب في مكان سابق من هذا الفصل. وماذا عن العالم الأكثر بساطة ويسمح بوجود تعقيد بيولوجي؟ وأظن أن الجواب لا، وكنت شرحت ذلك أيضاً قبل الآن، ولكنه، على الأقل، حدس مفتوح للبحث العلمي. يمكن أن نسجل معادلات الفيزياء ثم نعالجها قليلاً للتعرف إلى الاختلاف الذي يمكن أن يحدث. وبهذه الطريقة، يمكن للنظريات أن تنشيء أكواناً من نماذج اصطناعية لاختبارها رياضياً فيما إذا كان يمكنها أن تشجع الحياة. وقد استُنفِذ الكثير من الجهد في دراسة هذه المسـألة. واستنتج معظم الباحثين أن وجود منظومات معقدة، وخصوصاً المنظومات البيولوجية، حساس جداً لصيغة قوانين الفيزياء، وأنه، في بعض الحالات، يكون أبسط تغيير في تلك القوانين كافياً لتخريب فرص نشوء الحياة، على الأقل في الشكل الذي نعرفه. يُعرف هذا الموضوع باسم المبدأ الإنساني، لأنه يربط وجودنا، كمراقبين للكون، بقوانين الكون وحالاته. وسأعود إلى هذه النقطة في الفصل الثامن.

لا ريب في أنه تطرف مفرط، على كل حال، أن نطالب القوانين بأن تسمح بوجود كائنات حية عاقلة. ويمكن أن تكون هناك عدة طرق تكون فيها القوانين غير عادية، كتمتعها بكافة أنواع الخصائص الرياضية التي لم ندركها بعد. فهناك الكثير من الكميات المبهمة التي يمكن أن تتضخم أو تتقلص إلى أقصى حد ممكن عن طريق هذه القوانين الخاصة. ونحن لا نعرف ذلك على وجه الدقة.

الجمال كدليل إلى الحقيقة

تحدثت كثيراً، حتى الآن، عن الرياضيات. ولكن القوانين ربما تميز نفسها بطرق أخرى أكثر دقة، كجماليتها، مثلاً. ويعتقد العلماء على نطاق واسع أن الجمال هو الدليل الموثوق إلى الحقيقة، وقد تحقق كثير من ضروب التقدم فــي الفيزياء النظرية مــن قبل الباحث النظري الذي يلتمــس الأناقة الرياضية في نظرية جديدة. وحيثما تكون التجارب المختبرية صعبة أحياناً، فإن هذه المعايير الجمالية تعتبر أهم حتى من التجربة. فقد ســئل آينشتاين

مرة، أثناء دراسته لاختبار تجريبي حول نظريته العامة في النسبية، ماذا سيفعل إذا لم تتطابق التجربة والنظرية. ولم يقلقه هذا التوقع، بل رد بحزم: "كلما كان الوضع أكثر سوءاً بالنسبة للتجربة، تكون النظرية صحيحة." وردد صدى هـذه الآراء بـول ديراك، عالم الفيزياء النظرية الذي قادته تأملاته الجمالية إلى تركيب معادلة للإلكترون أكثر أناقة من الناحية الرياضية، والتي أدت بدورها إلى نبوءة ناجحة حول وجود مضاد المادة، عندما قال "أن يضمن المرء الجمال لمعادلاته أكثر أهمية من تطابقها مع التجربة."

والأناقة الرياضية ليست ذلك المفهوم السهل بحيث يمكن إيصاله إلى غير العارفين بالرياضيات، أما العلماء المحترفون فيقدرونها بعمق. ولكنه، ككل الأحكام التي تبنى على أساس القيم الجمالية، شخصي إلى حد بعيد. وما من أحد، حتى الآن، ابتكر "جهازاً لقياس الجمال" يمكن بواسطته قياس القيمة الجمالية للأشياء دون الرجوع إلى معيار إنساني. هل يمكن لأحدنا فعلاً أن يقول إن بعض الصيغ الرياضية جميلة من حيث الجوهر أكثر من صيغ أخرى؟ ربما، لا. إنها حالة من الغريب جداً أن يتمتع الجمال فيها بمثل هذه الأهمية الكبيرة كدليل جيد في العلم. ولماذا ينبغي لقوانين الكون أن تبدو جميلة للكائنات البشرية؟ لا شك في أن هناك أنواع العوامل البيولوجية والنفسية كافة التي تعمل في تشكيل انطباعاتنا عما هو جميل. فعلى سبيل المثال، ليس هناك ما يدعو إلى الدهشة في أن الشكل الأنثوي يجذب الرجال، ولا شك في أن الخطوط التكورية في الكثير من التماثيل، والصور الزيتية، والإنشاءات المعمارية تنطوي على مثيرات جنسية. ثم إن بنية الدماغ وعمله قد يمليان أيضاً إلى مـا هـو ممتع للبصر أو السـمع. وقد تعكس إيقاعات نظوماً مخية بشكل ما. وفي كل الأحوال، هناك شيء ما غريب هنا. إذا تمت برمجة الجمال بيولوجياً بصورة كاملة، أي إذا تم اختياره فقط بسبب أهميته للبقاء، فإن عودته إلى الظهور في العالم الباطني للفيزياء الأساسية الذي لا يرتبط بالبيولوجيا سيكون أكثر مدعاة للدهشـة. ومن ناحية أخرى، إذا كان الجمال أكثر من مجرد بيولوجية منهمكة في العمل، أي إذا كان تقييمنا للجمال ناشئاً من التماس

مع شيء ما أكثر ثباتاً وشمولاً، عندئذٍ يكون، بالتأكيد، حقيقة ذات أهمية كبيرة هي أن القوانين الأساسية للكون تعكس، كما يبدو، هذا "الشيء."

كنا درسنا، في الفصل السادس، كيف أن العديد من العلماء البارزين عبروا عن شعورهم بأن الإلهام جاءهم من نوع ما من الاتصال الفكري بالعالم الأفلاطوني الخاص بالصيغ الرياضية والجمالية. فكان روجر بنروز، خصوصاً، صريحاً حول إيمانه بالعقل المبدع الذي "يقتحم" العالم الأفلاطوني لكي يلقي نظرة خاطفة على الصيغ الرياضية التي هي جميلة بطريقة ما. ويستشهد، فعلاً، بالجمال كمبدأ هادٍ في معظم بحثه الرياضي. قد يبدو هذا مدهشاً للقراء الذين يحملون صورة للرياضيات على اعتبارها فرعاً مجرداً، وبارداً، وجافاً وقاسياً. ولكن، كما شرح بنروز: "المناقشة القاسية هي آخر خطوة، وقبل ذلك، على المرء أن يضع عدداً من التخمينات، والقناعات الجمالية البالغة الأهمية بالنسبة لهذه التخمينات."

هل الله ضروري؟

"للإنسان عينان

واحدة ترى الزمن العابر فقط

والأخرى ترى

ماهو خالد ومقدس"

كتاب أنجيلوس سليزيوس

وبالانتقال من مسألة ما إذا كنا، وبأي معنى، يمكن أن نعيش في العالم الأفضل بين العوالم الممكنة كافة، يبقى علينا أن نواجه مشكلة أكثر عمقاً. وببساطة، إذا كان للكون فعلاً تفسير ولا يمكنه أن يفسر نفسه، عندئذٍ، يجب أن يُفَسَّر بشيء ما آخر خارجه- أي، بوجود إله. ولكن، ما الذي يفسر الإله أيضاً؟ "من خلق الإله؟" هذه الأحجية القديمة العهد تعرضنا لخطر الانحدار

إلى نكوص لا نهائي. والخلاص الوحيد، كما يبدو، هو الافتراض أن الله يمكنه، بطريقة ما، أن "يفسر نفسه،" أي أنه وجود ضروري بالمعنى التقني الذي شرحته في بداية هذا الفصل. وبصورة أكثر دقة، إذا كان على الإله أن يقدم مبرراً كافياً للكون، عندئذٍ، يستتبع ذلك أنه هو نفسه يجب أن يكون وجوداً ضرورياً، لأنه، لو كانَ الله مشروطاً، لما كان ينبغي لسلسلة التفسير أن تنتهي، وسنبقى بحاجة إلى معرفة العوامل التي كانت وراء الله التي يعتمد عليها وجوده وطبيعته. ولكن، هل يمكن أن ندرك فكرة "وجود ضروري"، وجودٍ يحتوي، بكل ما في هذه الكلمة من معنى، في ذاته مبرر وجوده؟ احتج الكثيرُ من الفلاسفة بأن الفكرة متناقضة أو دون معنى. لا شك في أن الكائنات البشرية لا يمكنها أن تدرك طبيعة وجود كهذا. ولكن ذلك، بحد ذاته، لا يعني أن فكرة "وجود ضروري" مناقضة لذاتها.

ووصولاً إلى إدراك فكرة "وجود ضروري،" يمكن للمرء أن يبدأ بالسؤال عما إذا كان هناك أي شيء موجود بالضرورة. وعلى سبيل إثارة الشهية، تعالوا ندرس الجملة الإخبارية: "هناك، على الأقل، قضية واحدة صحيحة." ولنطلق عليها اسم القضية أ. هل أ صحيحة بالضرورة؟ ولنفترض أنني أكدت أن أ خطأ. ولنطلق عليها اسم القضية ب: "أ خطأ." ولكن إذا كانت أ خطأ، فإن ب ستكون كذلك، لأن ب هي قضية، وإذا كانت أ خاطئة فلن يكون هناك قضايا صحيحة. وهكذا، يجب أن تكون أ صحيحة. ولذلك، من المستحيل منطقياً ألا توجد قضايا صحيحة.

وفي حال وجود قضايا ضرورية، يصبح واضحاً أن فكرة وجودٍ ضروري ليست سخيفة. الإله التقليدي في اللاهوت المسيحي، الذي طور الجزء الأكبر منه القديس توما الأكويني في القرن الثالث عشر، وجود ضروري، أزلي، ثابت، مثالي، لا يتغير يعتمد عليه الكون تماماً في وجوده، ولكنه، على العكس، لا يتأثر أبداً بوجود الكون. ومع أن مقتضيات العقلانية تدفعنا، كما يبدو، نحو صورة كهذه للإله كتفسير نهائي للعالم، فإن هناك صعوبة جدية حول صلة

هـذا الإله بكون مشـروط متغير، وخصوصاً كوناً يحتوي على كائنات حـرة الإرادة. وعبر عن ذلك مرة فيلسـوف ملحد، هو أ. ج. آيور، بالقول إن قضايا الضرورة تنتج فقط من قضايا الضرورة.

تسـلل هـذا التناقض المدمر إلى صميم علم اللاهوت الغربي منذ عصر أفلاطون. فكما رأينا، ارتبط المفهوم الحقيقي لـ "العقلانية" عند أفلاطون بوجود عالم تجريدي من الأشكال الخالدة، اللامتغيرة، المثالية التي تمثل بالنسبة له الحقيقة الوحيدة الواقعية. وكان يقع في هذه المملكة الثابتة الهدف النهائي للمعرفة، أي الإله. وعلى عكس ذلك عالم الأشياء المادية الذي يُدرك مباشرة إنه، إلى الأبد، في حالة تغير. وعندئذ، تنطوي العلاقة بين عالم الأشكال الخالدة وعالم المادة المتغير على مشكلات عويصة. اقترح أفلاطون، كما شرحت في الفصل الأول، وجود خالق الكون المادي الذي يستقر ضمن نطاق الزمن، والذي يصوغ المادة على أفضل وجه لكي يستخدم الأشكال كتصميم. ولكن هذه المحاولة الساذجة للتوفيق بين المتغير واللا متغير، بين الناقص والكامل، مفيدة فقط لتأكيد خطورة التناقض المفاهيمي الذي يلازم كافة تعليلات الشرطي.

مـن المهـم أن نفهم أن التناقض هـو أكثر مـن مجرد تقنية للجدل اللاهوتي؛ إنه نتيجة حتمية لبعض الطرق المنطقية في التفسير. فقد حاول ديكارت وأتباعه أن ترسيخ خبرتنا للعالم في صميم اليقين العقلي. فإذا التزمنا بذلك التقليد، فإن بحثنا عن الشكل الأكثر أمناً للمعرفة سيقودنا حتماً إلى مفاهيم سرمدية كالرياضيات والمنطق ، لأن الحقيقة الواقعية، بالتعريف، لا يمكن أن تتبدل مـع الزمن. موثوقية هذا الحقل المجرد مؤكدة لأن عناصره مثبتة بعضها ببعض عن طريق اليقين بالضرورة المنطقية. مع ذلك، إن عالم التجربة بالذات الذي نسعى لتفسيره هو عالم منوط بالزمن ومشروط.

إن هذا التوتر الذي يولّده هذا التزاوج غير المناسب يغزو العلم كما يغزو الدين. فندركه في الارتباك الدائم الذي يكتنف المحاولات التي تبذل للتوفيق بين القوانين الأزلية للفيزياء ووجود "سهم الزمن" في الكون. وندركه في النقاشات العنيفة حول كيف نسوي تطوراً بيولوجياً مترقياً بطفرة لا اتجاه

لها. وندركه في تعارض النماذج التي ترافق العمل الحديث لأجهزة التنظيم الذاتي، أي الاستقبال العدائي الذي يدل عليه التحيز الثقافي العميق الجذور.

الإسهام الوحيد للتفكير المسيحي في هذا التوتر هي عقيدة الخلق من عدم، التي تعرضت لها في الفصل الثاني. كانت هذه محاولة شجاعة للخروج من التناقض عن طريق اقتراح كينونة أزلية، ضرورية خلقت إلى الوجود (ليس ضمن نطاق الزمن) كوناً مادياً عن طريق قدرة إلهية كفعل باختيار حر. وعن طريق إقرار أن الخلق شيء ما غير الخالق، شيء ما لم يكن الإله ملزماً بخلقه وإنما اختار خلقه، تخلص المسيحية من بُنى المشروع البديل للفيض الإلهي، الذي انبثق به الكون الفيزيائي مباشرة من جوهر الإله، وبالتالي، طُبِع بخواصه الضرورية. فكان العنصر الرئيس الذي أُدخِل هنا هو عنصر الإرادة الإلهية. والإرادة الحرة، بالتعريف، تستلزم الشرطي، لأننا نقول إن الاختيار حر فقط إذا كان يمكن أن يكون مختلفاً. ومن هنا، إذا كان الله يتمتع بموهبة الحرية لكي يختار عالماً من بين عوالم بديلة ممكنة، عندئذٍ، تجد شرطية العالم الحالي تفسيراً لها. مع ذلك، يتم الاحتفاظ بمطلب الوضوح عن طريق عزو طبيعة عقلانية إلى الإله، وبذلك يتم ضمان الاختيار الحر.

يبدو هــذا تقدماً حقيقياً. ويظهر كما لو أن الخلق من عدم يحل التناقض حول كيف يمكن تفســير عالم مشــروط متغير عــن طريق كينونة ضرورية أزلية. ومن ســوء الحظ أنه على الرغم مــن الاهتمام الذي أبدته أجيال من الفلاسفة وعلماء اللاهوت لتطوير هذه الفكرة إلى مشروع مترابط منطقياً، فإن العقبات الهامة بقيت على حالها. وتتمثل العقبة الرئيسة في إدراك السبب الذي من أجله اختار الله أن يخلق هــذا العالم الخاص بدلاً من عالم ما آخر. عندما تختار الكائنات البشرية بحرية، فإن اختيارها يتلون وفقاً لطبيعتها. وعلى النحو المشار إليه، ماذا يمكن أن يقال عن طبيعة الله؟ من المفترض أن تكون طبيعته ثابتة في ضرورته. لســنا بحاجة إلى معالجة احتمال أن يكون هنــاك نماذج مختلفة كثيرة للإله، لأننا، عندئذٍ، لن نكســب شيئاً بالتوســل إلى الله في المقام الأول. وسنواجه مشكلة تعليل سبب وجود ذلك الإله الخاص لا غيره. ولكن إذا

كانت طبيعة الله ثابتة بضرورته، فهل كان يمكنه أن يختار خلق كون مختلف؟ نعم، ولكن فقط إذا لم يكن اختياره عقلانياً إطلاقاً، بل نزوياً، وهو المكافيء التوحيدي لقذف قطعة نقدية. ولكن الوجود، في تلك الحال، يكون اعتباطياً، ويمكن أن نرضى أيضاً بكون اعتباطي ونتركه على تلك الحال.

وضــع الفيلســوف كايث وورد دراســة مفصلة حول التعارض بين ضرورة الإله وشرطية العالم. ولخص المعضلة الأساسية كما يلي:

أولاً، إذا كان الله حقاً مكتفياً ذاتياً، كما تقتضي منه بديهية الوضوح أن يكون، فكيف يحدث ويخلق عالماً أياً كان؟ تبدو كأنها ممارسة اعتباطية ودون مغزى. ومن جهة أخرى، إذا كان الله فعلاً كينونة ضرورية ولا تتغير، فكيف يمكنه أن يتمتع باختيار حر؛ ولا ريب في أن كل ما يفعله يجب أن يكون فعله للضرورة ودون أية إمكانية للتغيير؟ والمعضلة القديمة كافية لتحدي الأكثرية الساحقة من الفلاسفة المسيحيين على مر العصور، ســواء كانت أفعال الله ضرورية وبالتالي ليست حرة (لا يمكن أن تكون غير ذلك)، أو أنها حرة وبالتالي اعتباطية (لا شيء يحدد ما ستكون عليه).

وتتمثل المشكلة في أنه حيثما اتجهنا تواجهنا الصعوبة الأساسية نفسها: في الواقع، لا يمكن للمشروط فعلاً أن ينشأ كلياً من الضرورة:

إذا كان الله هو خالق عالم مشــروط أو ســببه، فإنه هو نفسه يجب أن يكون مشــروطاً ومؤقتاً؛ ولكن إذا كان الله كينونة ضرورية، عندئذ، يجب أن يكون كل ما يسببه إنما يسببه بالضرورة وبصورة لا تتغير. وعلى هذا يتأرجح كلا التفســيرين لمؤســس التوحيد. تقتضي متطلبات الوضوح وجود كينونة ضرورية، لا متغيرة، أزلية. ويبدو أن الخلق يحتاج إلى إله مشروط، مؤقت، يتفاعل مع خلقه، وبالتالي، غير مكتفٍ ذاتياً. ولكن كيف يمكن أن يجمع الصفتين؟

وجاء في مكان آخر:

كيف يمكن لكينونة ضرورية ولا متغيرة أن تتمتع بالقدرة على فعل كل شيء؟ فكونها ضرورية، يعني أنه لا يمكن أن تفعل أي شيء أكثر مما تفعله. وكونها لا متغيرة، يعنى أنه لا يمكنها أن تفعل أي شيء جديد أو أصيل. ... حتى لو أمكن اعتبار الخلق فعلاً إلهياً أزلياً، فإن الصعوبة الحقيقية تبقى، لأنه طالما أن كينونة الله ضرورية تماماً، فإن الفعل سيكون فعلاً ضرورياً، لا يمكن أن يكون مختلفاً في أي جانب. ما يزال هذا الرأي في حالة توتر مع التيار الرئيس في التراث المسيحي: أي، أن الله لم يكن بحاجة إلى خلق أي كون، وأنه لم يكن بحاجة، على وجه الدقة، لخلق هذا الكون. فكيف يمكن للكينونة الضرورية أن تكون حرة على كل حال؟

وطرح شوبرت أوغدن النقطة نفسها:

يقول لنا علماء اللاهوت عادة إن الله خلق العالم بحرية، كما يكشفه لنا العالم المشروط أو اللا ضروري لتجربتنا. ... في الوقت نفسه، وبسبب التزامهم الثابت بافتراضات الميتافيزيقا التقليدية، يقول لنا علماء اللاهوت عادة أن فعل الله في الخلق واحد مع جوهره الخالد، الذي هو ضروري في كل جانب، بعيداً عن كل ماهو شرطي. ولهذا السبب، إذا أخذنا بما يقولون، واعتمدنا على توكيداتهم، فإننا سنجد أنفسنا حالاً في تناقض عضال لخلق ضروري كلياً لعالم مشروط كلياً.

كتب علماء اللاهوت والفلاسفة مجلدات في محاولة للتخلص من هذا التناقض الفاضح والمستمر. ولضيق المكان، سأكتفي بدراسة طريقة واحدة للخلاص، هامة وواضحة تقريباً.

إله ثنائي القطب وسحابة ويلر

وكما رأينا، جابه أفلاطون تناقض الضروري إزاء الشرطي باقتراح إلهين، أحدهما ضروري، والآخر مشروط: الإله وخالق الكون المادي. وربما يمكن تلبية متطلبات التوحيد بمحاولة إثبات أن هذه الحالة يمكن وصفها بصورة مشروعة كوجهين متتامين فعلاً لإله واحد "ثنائي القطب." هذا هو الموقف الذي تبناه أنصار ما يعرف تحت اسم "النظرية اللاهوتية للسيرورة."

فكر السيرورة محاولة لرؤية العالم لا كمجموعة من الأشياء، أو حتى مجموعة من الحوادث، بل كطريقة ذات اتجاهية محددة. وهكذا يلعب فيض الزمن دوراً رئيساً في طريقة الفلسفة، التي تؤكد أولوية السيرورة على الكينونة. وعلى عكس الرؤية الميكانيكية الصارمة للكون التي نشأت من بحث نيوتن وزملائه، فإن طريقة الفلسفة تشدد على انفتاح ولا حتمية الطبيعة. المستقبل ليس متضمناً في الحاضر: هناك اختيار للبدائل. وبالتالي، يعزى للطبيعة نوع من الحرية التي كانت غائبة في الكون الآلي الساعي عند لابلاس. حدثت هذه الحرية من خلال التخلي عن الاختزالية: العالم أكثر من حاصل جمع أجزائه. يجب أن نتخلى عن فكرة أن المنظومة الفيزيائية، كصخرة، أو غيمة أو شخص، هي لا شيء سوى مجموعة من الذرات، ونسلِّم، بدلاً من ذلك، بوجود مستويات مختلفة كثيرة للبنية. فعلى سبيل المثال، لا شك في أن الكائن الإنساني مجموعة من الذرات، ولكن هناك مستويات أعلى كثيرة من التعضية التي تفلت من هذا الوصف الهزيل والتي هي أساسية لتحديد ما نعنيه بكلمة "شخص." وبدراسة المنظومات المعقدة كتسلسل هرمي من المستويات المتعضية، فإن المعاينة البسيطة للسببية من تحت إلى فوق بمعنى الجسيمات الابتدائية التي تتفاعل مع جزيئات أخرى يجب استبدالها بتعبير أكثر دقة يمكن أن تؤثر فيها مستويات أعلى نزولاً إلى مستويات أدنى أيضاً. ويفيد هذا في إدخال عناصر غائية، أو سلوك هادف في شؤون العالم. تؤدي طريقة التفكير، بصورة طبيعية، إلى رؤية

عضوانية أو بيئية للكون، تذكر بعلم الكونيات عند أرسطو. يصف أيان بربر طريقة رؤية الحقيقة كروية أن العالم هو جماعة من الكائنات المعتمدة على بعضها بعضاً أكثر منها مجموعة من الأجزاء الثانوية في آلة.

ومع أن لخيوط فكر السيرورة مكاناً وطيداً منذ زمن طويل في تاريخ الفلسفة، فإن طريقة التفكير لم تشع في العلم إلا في السنوات الأخيرة. إن ظهور الفيزياء الكمومية في الثلاثينات وضع حداً لفكرة الكون كآلة محدَّدَة، ولكن البحث الحديث حول الشواش، والتنظيم الذاتي، والمنظومات اللاخطية كان أكثر تأثيراً. هذه المواضيع أجبرت العلماء على المزيد من التفكير حول المنظومات المفتوحة، التي لم تحدَّد بصرامه بأجزائها المكوّنة لأنها يمكن أن تتأثر ببيئتها. نموذجياً، يمكن أن تتمتع المنظومات المعقدة المفتوحة بحساسية لا تصدق للمؤثرات الخارجية، مما يجعل التنبؤ بسلوكها غير ممكن، ويمنحها سمة الحرية. والذي حدث كمفاجأة هو أن المنظومات المفتوحة يمكنها أيضاً أن تبدي سلوكاً منظماً ومياﻻً للقانون على الرغم من كونها غير محدَّدَة وتحت رحمة ما يبدو عشوائياً خارج التشويشات. هنا توجد، كما يبدو، مبادىء تنظيمية عامة تراقب سلوك المنظومات المعقدة في المستويات التنظيمية العليا، مبادىء موجودة جنباً إلى جنب مع قوانين الفيزياء (التي تعمل عند المستوى الأدنى للجسيمات المنفردة). وهذه المبادىء التنظيمية متساوقة مع قوانين الفيزياء، ولكن لا يمكن أن تُحوّل إليها أو تُشتَق منها. وهكذا، اكتشف العلماء من جديد الصفة الحاسمة لـ النظام المشروط. ويمكن الاطلاع على دراسة أكثر تفصيلاً حول هذه المواضيع في الكتابين: التصميم الكوني وأسطورة المادة.

ألفرِد نورث وايتهيد، الفيلسوف وعالم الرياضيات، هو الذي أدخل فكر السيرورة إلى اللاهوت الرياضي، وهو الذي اشترك مع برتراند راسل في تأليف ذلك العمل الرشيمي للمبادىء الرياضية. افترض وايتهيد أن الواقع الفيزيائي شبكة تربط ما يسميه "الفرص الواقعية،" وهي أكثر من مجرد

حوادث، لأنها تتمتع بتجربة داخلية حرة تفتقر إليها الرؤية الميكانيكية للعالم. وهناك، في فلسفة وايتهيد، فكرة مركزية تقول إن الله مسؤول عن تنظيم العالم، لا من خلال فعل مباشر، بل عن طريق توفير مختلف الإمكانيات، وبعدئذ يترك أمر تحقيقها للكون الفيزيائي. وبهذه الطريقة، لا ينظم الله تسوية بين الانفتاح الأساسي للكون ولا حتميته، ولكنه، مع ذلك، يكون في موضع منه يشجع الميل نحو الخير. وعلى سبيل المثال، يمكن تمييز آثار هذا التأثير الدقيق وغير المباشر في الطبيعة المترقية للتطور البيولوجي وفي الميل نحو كون ينظم نفسه في ضرب أكثر غنى من الأشكال الأكثر تعقيداً. وهكذا، بدل وايتهيد الصورة الملكية للإله كخالق وحاكم كلي القدرة إلى صورة شريك في عملية الخلق. ولم يعد مكتفياً بذاته ولا متغيراً، ويؤثر ويتأثر بالحقيقة المكشوفة للكون الفيزيائي. ومن ناحية أخرى، لا يكون الإله بهذا مندمجاً في تيار الزمن. وتبقى شـــخصيته وأغراضه الأســـاسية ثابتة وخالدة. وبهذه الطريقة، تتعانق الصفة الأزلية والصفة الزائلة إلى كينونة واحدة.

ويدَّعي بعض الناس أن الإله "الثنائي القطب" يمكنه أيضاً أن يوحد الضرورة والشرطي. ولكن إنجاز ذلك يعني التخلي عن أي أمل بأن الله يمكن أن يكون بسيطاً في كماله الإلهي، كما يعتقد الأكويني. وقد اقترح كايث وورد، على سبيل المثال، نموذجاً معقداً لطبيعة الإله، بعض أجزائها يمكن أن تكون ضرورية، والأخرى مشروطة. هذا الإله، مع أنه موجود بالضرورة، فإنه، على الرغم من ذلك، يتبدل عن طريق خلقه، وعن طريق فعله المبدع، الذي يتضمن عنصر الانفتاح أو الحرية.

أعترف أنني كافحت بقوة لكي أبرر وجود إله ثنائي القطب. ولكن العون جاءني من مصدر لم أكن أتوقعه: الفيزياء الكمومية. دعني أكرر من جديد الرسالة المركزية لمبدأ الريبة الكمومي. فجسيم ما، كإلكترون مثلاً، لا يمكن أن يكون له موضع واضح وكمية حركة واضحة في الوقت نفسه. ويمكن للمرء أن يقيس موضعاً ما ويحصل على قيمة واضحة، ولكن كمية الحركة، في هذه

الحالة، مشكوك فيها، والعكس بالعكس. وفيما يخص حالة كمومية عامة، لا يمكن أن نعرف سلفاً القيمة التي سنحصل عليها عن طريق القياس: يمكن تحديد احتمالات فقط. وهكذا، تتاح للمرء سلسلة من النتائج عندما يقوم بقياس موضع في حالة كهذه. ولذلك، يكون النظام غير محدد- يمكن للمرء أن يقول لك أنت حر في أن تختار من بين سلسلة من الاحتمالات- والنتيجة الحقيقية مشروطة. ومن ناحية أخرى، يقرر القائم بالتجربة ما إذا كان القياس سيكون لموضع أو كمية حركة، وهكذا يتم، عن طريق عامل خارجي، تقرير صنف البدائل (أي، سلسلة قيم الموضع و سلسلة كميات الحركة). وبالقدر الذي يكون فيه الأمر متعلقاً بالإلكترون، يتم بالضرورة تثبيت طبيعة البدائل، في حين تكون البدائل الحقيقية المتبناة مشروطة.

ولمزيد من التوضيح، دعوني أذكر من جديد المثل الذي يعزى إلى جون ويلر. أُخضِع ويلر يوماً، بغير علم منه، إلى شكل مختلف للعبة العشرين سؤالاً. ونذكر أنه في اللعبة التقليدية، يتفق اللاعبون على كلمة ويحاول شخص التجربة أن يحزر الكلمة عن طريق طرح عشرين سؤالاً. والإجابة تكون فقط بنعم أو لا. وفي النسخة المختلفة، بدأ ويلر بطرح الأسئلة المألوفة: هل هو كبير؟ هل هو حي؟ إلخ. كانت الأسئلة سريعة في البداية، ومع تقدم اللعبة أصبحت أكثر بطئاً وأكثر تردداً. وأخيراً، جرب حظه: "هل هي سحابة؟" وجاء الجواب: "نعم!" وعندئذٍ، انفجر الجميع ضاحكين. أظهر اللاعبون، لكي يخدعوا ويلر، أنهم لم يختاروا كلمة سلفاً. وبدلاً من ذلك اتفقوا على أن يجيبوا على أسئلته عشوائياً بكل معنى الكلمة، ملتزمين فقط بالانسجام مع الأجوبة السابقة. وعلى الرغم من ذلك، تم الحصول على جواب. هذا الجواب المشروط بشكل واضح لم يكن قد أُعِدَّ مقدماً، ولا كان اعتباطياً: تقررت طبيعته جزئياً عن طريق الأسئلة التي اختار ويلر طرحها، وجزئياً عن طريق الصدفة البحتة. وبالطريقة نفسها، تم جزئياً تقرير الحقيقة التي كشفت عن طريق القياس الكمومي للطبيعة بواسطة الأسئلة التي وضعها القائم بالتجربة (أي، ما إذا كان

يجب أن يسأل عن وضع محدد أو كمية حركة محددة) وجزئياً عن طريق الصدفة (أي، الطبيعة المشكوك فيها للقيم المتحصلة لهذه الكميات).

تعالوا نعد إلى القياس اللاهوتي. هذا المزيج من الشرطي والضرورة يماثل إلهاً يحدد بالضرورة ما العوالم البديلة المتاحة للطبيعة، ولكنه يترك الحرية مفتوحة للطبيعة لكي تختار من بين تلك البدائل. يفترض، في طريقة اللاهوت أن البدائل ثابتة بالضرورة لتحقيق نتيجة نهائية محترمة- أي، أنها توجه أو تشجع الكون (غير المقيد من نواح أخرى) لكي يتطور باتجاه شيء ما جيد. مع ذلك، وضمن هذا الإطار الموجَّه يبقى هناك انفتاح. ولذلك، فالعالم ليس مقرراً ولا اعتباطياً بالكامل ولكنه، كغيمة ويلر، خليط صميمي من صدفة واختيار.

هل يجب أن يكون الله موجوداً؟

تتبعت في هذا الفصل، حتى الآن، نتائج الجدل الكوزمولوجي حول وجود الله. لم يحاول هذا الجدل أن يثبت أن وجود الله ضرورة منطقية. ولا ريب في أنه يمكن لأحدنا أن يتصور أنه لا وجود لإله ولا لكون، أو أن الكون موجود دون إله. وتبعاً للظواهر، ليس هناك، كما يبدو، تناقض منطقي في كلتا الحالتين. وبالتالي، حتى لو قررنا أن مسألة مفهوم كائن ضروري معقولة، فإن هذا لا يستتبع أن يكون هذا الكائن موجوداً، أي أن وجوب وجوده أقل أيضاً.

ولكن تاريخ اللاهوت لا يخلو من محاولات لإثبات أن عدم وجود الله مستحيل منطقياً. وهذا النقاش، الذي يعرف بـــ "النقاش العلمِيوُجودي،" يعود إلى القديس آنسلم، ومفاده أن الله يُعرَّف على أنه أكبر شيء يمكن إدراكه. والآن، من الواضح أن شيئاً موجوداً فعلاً هو أكبر من مجرد فكرة ذلك الشيء. (شخص حقيقي-فابيّ اسكوتلانديارد المعروف مثلاً- أكبر من الشخصية الروائية شرلوك هولمز.) ولذلك، إن إلهاً موجوداً فعلاً هو أكبر من إله متخيل. ولكن، بما أن الله أكبر شيء يمكن إدراكه، فإنه ينتج عن ذلك أنه يجب أن يكون موجوداً.

والحقيقة هي أن الحجة العلميوُجودية تنطلق من خداع منطقي يكذب قوتها الفلسفية. ولكن كثيراً من الفلاسفة، في الواقع، حملوها لفترة وجيزة على محمل الجد على مدى سنوات، بمن فيهم الملحد برتراند راسل. وعلى الرغم من ذلك، لم يكن حتى علماء اللاهوت عموماً مستعدين للدفاع عنها. هناك مشكلة واحدة تكمن في معالجة "الوجود" كما لو كان خاصية لأشياء، كالحجم أو اللون. وهكذا، فإن الحجة تلزم المرء على مقارنة مفهوم آلهة موجودة فعلاً مع مفهوم آلهة غير موجودة فعلاً. ولكن الوجود ليس نوعاً من صفة توضع جنباً إلى جنب مع الخصائص المادية الطبيعية. ويمكنني أن أتحدث عن وجود لخمس قطع صغيرة وست قطع كبيرة من النقود في جيبي، ولكن ماذا يعني، بالنسبة لي، القول إنني أملك خمس قطع موجودة وست قطع غير موجودة؟

وهناك مشكلة إضافية فيما يتعلق بالحجة العلميوجودية هي الحاجة إلى أن يفسر الله العالم. فلا يكفي وجود كينونة ضرورية منطقياً ولا ترتبط بالعالم بأية وسيلة. ولكن يصعب إدراك كيف يمكن لكائن موجود في دنيا المنطق المحض أن يفسر الخواص المشروطة للعالم. تُعوّل الحجة العلميوجودية على ما يسميه الفلاسفة "قضايا تحليلية." القضية التحليلية قضية حقيقتها (أو بخلاف ذلك) تنتج منطقياً إلى حد بعيد من معنى الكلمات المتضمنة. فعلى سبيل المثال، "كل العازبين رجال" هي قضية تحليلية. والقضايا التي لا تقع في هذا الصنف تدعى "قضايا تركيبية،" لأنها تكوّن روابط بين أشياء لا ترتبط بالتعريف فحسب. والآن، تتضمن النظريات الفيزيائية دائماً قضايا تركيبية، لأنها تضع صياغات حول حقائق الطبيعة التي يمكن اختبارها. ونجاح الرياضيات في وصف الطبيعة، وخصوصاً القوانين المستبطنة، يمكن أن يخلف انطباعاً (يدافع عنه البعض، كما رأينا) بأنه لا يوجد شيء بالنسبة للعالم أكثر من الرياضيات، وأن الرياضيات، بدورها، لا شيء أكثر من تعاريف وحشو– أي، قضايا تحليلية. ويساء فهم هذا الخط من التفكير إلى حد بعيد كما اعتقد. مع ذلك، مهما كان المرء جاداً في محاولته، فإنه لن يستطيع استنتاج قضية تركيبية من قضية تحليلية.

كان عمانوئيل كانط خصماً للحجة العلميوُجودية. فقد أكد أنه، إذا كان يجب أن تكون هناك صياغات مجازية ذات معنى، عندئذٍ، يجب أن توجد قضايا صحيحة بالضرورة أكثر مما هي صحيحة فقط بمقتضى التعريف. وقد شرحت في الفصل الأول أن كانط كان يظن أننا نمتلك معرفة مسبقة. وهكذا، أكد على أنه يجب أن يكون هناك شيء من القضايا التركيبية الحقيقية الابتدائية بالنسبة لأية طريقة تفكير تتعلق بعالم موضوعي. وهذه الأولويات التركيبية يجب أن تكون صحيحة بالاستقلال عن الميزات المشروطة للعالم- أي، يجب أن تكون صحيحة في أي عالم. ومن سوء الحظ أن يكون الفلاسفة، حتى الآن، مقتنعين بأن هناك أية قضايا أولية تركيبية ضرورية.

وحتى لو لم يكن هناك قضايا تركيبية ضرورية، فإنه يمكن أن يكون هناك شيء ما لا يثير الاعتراض. يمكن للمرء أن يتخيل أن مجموعة من هذه القضايا يمكن أن تفسر الميزات المشروطة للعالم، كما في صيغة قوانين الفيزياء. ويمكن أن يقبل بهذا كثير من الناس. فمثلاً، يحتج عالم الفيزياء ديفيد دويتش بأنه "بدلاً من محاولة الحصول على 'شيء ما مقابل لا شيء،' أي قضية تركيبية من قضية تحليلية،" فإنه يجب أن ندخل إلى الفيزياء عند المستوى الأساسي للقضايا التركيبية "التي تم التسليم بها بطريقة ما لسبب ما خارج الفيزياء." ويتابع مقترحاً مثالاً على ذلك:

الشيء الوحيد الذي نسلِّم دائماً بصمت بأسبقيته في البحث عن أية نظرية فيزيائية هو أن العملية الفيزيائية لتلك النظرية التي تصبح معروفة وواضحة ليست ممنوعة بحد ذاتها وفقاً للنظرية. فمامن مبدأ فيزيائي يمكننا معرفته ويمكنه، هو نفسه، أن يمنعنا من معرفته. إن قضية كل مبدأ فيزيائي يجب أن يلبي هذه الخاصية التقييدية هي قضية تركيبية مسبقة، ليس لأنها صحيحة بالضرورة، بل لأنه لا يمكن أن نمتنع عن التسليم بصحتها في البحث لمعرفة المبدأ.

يقترح جون بارو أيضاً أن هناك بعض الحقائق الضرورية حول أي عالم يمكن ملاحظته. ويستشهد بمختلف حجج المبادىء الإنسانية التي تسعى إلى إظهار أن للمتعضيات البيولوجية الواعية يمكن أن تنشأ فقط في كون فيه لقوانين الفيزياء شكل خاص: " هذه الشروط 'الإنسانية' ... تشير إلى خواص معينة يجب أن يتمتع بها الكون مسبقاً، ولكنها ليست تافهة بما يكفي بحيث تعتبر تركيبية. في البداية، يظهر التركيبي الأسبق كمطلب يشترط أن كل مبدأ فيزيائي يمكن معرفته ويشكل جزءاً من 'سر الكون' يجب عدم فرض حظر على إمكانية معرفتنا له."

يجادل كايث وورد في أنه يمكن أن نحدد مفهوماً أوسع للضرورة المنطقية. فعلى سبيل المثال، تعالوا ندرس الإفادة: "لا شيء يمكن أن يكون أحمر وأخضر في جميع نواحيه." هل هذا التعبير صحيح بالضرورة؟ لنفترض أنني أكدت أنه خاطىء، فمن الواضح، عندئذ، أن تأكيدي لن يكون مناقضاً لذاته. على الرغم من ذلك، قد يبقى خاطئاً في كافة العوالم الممكنة: هذا لا يشبه القول إنه مناقض لذاته منطقياً بالمعنى الصوري. ويقول دويتش، فيما يتعلق بافتراض أن الإفادة صحيحة، "إنه شيء ما سنقوم به بطريقة أو بأخرى." وعندئذٍ، ربما تقع الإفادة "الله ليس موجوداً" ضمن هذا الصنف. وقد لا تناقض الإفادة بديهيات مشروع شكلي لمنطق افتراضي، مع ذلك يمكن أن يكون هو الحالة التي يكون فيها التعبير خاطئاً في كافة العوالم الممكنة.

وأخيراً، لا بد لنا من أن نذكر استخدام فرانك تبلر للحجة العلميوجودية على الكون نفسه (كنقيض للإله). ويحاول أن يلتف على معارضة أن "الوجود" ليس خاصية لشيء ما عن طريق تعريف الوجود بطريقة غير عادية. وكنا رأيناه في الفصل الخامس كيف يدافع عن فكرة أن العوالم المحاكية للحاسبات هي، في كل جزء منها، واقعية بالنسبة للكائنات المحاكاة كما هو كوننا بالنسبة لنا. ولكن تبلر يبيّن أن برنامج الحاسبة، في جوهره، ليس أكثر من تخطيط لمجموعة واحدة من الرموز أو الأرقام إلى مجموعة أخرى. يمكن للمرء أن

يضع في حسابه أن كل التخطيطات الممكنة-وبالتالي، كل البرامج الممكنة للحاسبات- توجد بمعنى أفلاطوني مجرد. ومن بين هذه البرامج سيكون هناك الكثير (ربما عدد لا متناه) مما يمثل الأكوان المحاكاة. والسؤال هو، أيها من بين محاكيات الحاسبات الكثيرة الممكنة يماثل الأكوان "الموجودة فيزيائياً؟" وبعبارات هوكنغ: أيها التي تنفث ناراً إليها؟ يفترض تبلر أن تلك المحاكيات "المعقدة بما يكفي لاحتواء المراقبين- كائنات التفكير، والشعور- على اعتبارها محاكيات، هي تلك الموجودة بصورة طبيعية، على الأقل، بالقدر الذي تكون فيه الكائنات المحاكاة معنية. علاوة على ذلك، إن هذه المحاكيات موجودة بالضرورة كنتيجة للشروط المنطقية للعمليات الرياضية المتضمنة في التخطيطات. ويخلص تبلر إلى أن كوننا (وأكواناً أخرى كثيرة) موجود كنتيجة لضرورة منطقية.

الاختيـــارات

وبالتالي، ماذا يجب أن نستنتج؟ إذا كان القارىء قد ارتبك بعد هذه الجولة الفلسفية، فإن المؤلف ارتبك مثله. يبدو لي أن الحجة العلميوجودية هي محاولة لإظهار الإله إلى وجود من عدم، وهي، بحد ذاتها، لم تنجح بالمعنى المنطقي الصارم. فلا يمكن لأحدنا أن يفلت من الحجة الاستنتاجية المجردة أكثر مما يُدفع إلى مقدمات منطقية. وفي أفضل الأحوال، يمكن للحجة أن تظهر أنه، إذا كان الكائن الضروري ممكناً، فإنه، عندئذٍ، يجب أن يوجد. ويمكن أن يفشل الإله في أن يوجد فقط إذا كانت الكينونة الضرورية متنافرة. ويمكن أن أقبل بهذا. مع ذلك، تفشل الحجة في أن تُظهِر الإمكانية الصارمة في شكليتها لعدم وجود الإله. ومن جهة أخرى، إذا زيدت الحجة العلميوجودية بافتراض أو افتراضات إضافية، فإنها، عندئذٍ، يمكن أن تنجح. والآن، ماذا لو أن هذه الافتراضات (التي ستكون تركيبية بالضرورة) حُدِّدَت بافتراضات ضرورية لوجود تفكير عقلاني؟ عندئذٍ، يمكن أن نستنتج أن نشاط البحث العقلاني سيكون قادراً، في الواقع، على إثبات وجود الله عن طريق العقل وحده. هذا الاقتراح مجرد ظن، ولكن كايث وورد، لسبب واحد،

مستعد أن يبقى منفتح العقل عليه: "ليس سخيفاً الاعتقاد بأنه عن طريق تحليل مفاهيم 'الكمال' و 'الكينونة' و 'الضرورة' و 'الوجود،' يمكن للمرء أن يكتشف أن الافتراض المسبق للإمكانية الموضوعية في تطبيقها على العالم هو وجود شيء ما من نمط محدد."

وماذا عن الحجة الكوزمولوجية؟ إذا قبلنا شرطية العالم، عندئذٍ، يكون التفسير الوحيد الممكن هو وجود إله كائن فوق الوجود المادي. وعندئذٍ، علينا أن نواجه مسألة ما إذا كان الإله ضروري أو مشروط. فإذا كان ببساطة مشروطاً، فهل نكسب فعلاً شيئاً ما باستحضاره، لأن وجوده وصفاته تبقى دون تفسير؟ الربح ممكن. وقد تكون فرضية الإله هي التي تؤمّن وصفاً مبسطاً وموحداً للحقيقة التي تُحسّن القبول "الشامل" للائحة القوانين والشروط الابتدائية. وقد تكون قوانين الفيزياء قادرة على المضي بنا إلى حد أبعد قليلاً فقط، وعندئذٍ، يمكن أن نبحث عن تفسير ذي مستوى أعمق. فقد احتج الفيلسوف ريتشارد سويندبورن، مثلاً، بأنه من الأسهل أن نفترض وجود عقل لا نهائي من القبول بوجود هذا الكون المشروط كحقيقة فظة. وفي هذه الحالة، يكون الإيمان بالله مسألة ذوق، يُحكَم عليه عن طريق أهميته التفسيرية أكثر من إلزاميته المنطقية. من ناحيتي، أشعر بمزيد من الراحة مع مستوى أعمق من التفسير منه مع قوانين الفيزياء. وما إذا كان استخدام عبارة "إله" من أجل ذلك المستوى الأعمق مناسباً يبقى، طبعاً، مسألة نقاش.

يمكن لأحدنا، بدلاً من ذلك، أن يقبل الموقف التقليدي المُوحِّد ويحتج بأن الله كينونة ضرورية تخلق كوناً مشروطاً كفعل لإرادتها الحرة. أي أنه ليس لله خيار حول وجوده وصفاته الخاصة، ولكنه يتمتع بخيار حول الكون الذي يخلقه. وكما رأينا، إن هذا الموقف محفوف بالمصاعب الفلسفية، مع أنه يمكن إيجاد حل ما. ولكن معظم الحلول التي وضعت نتيجة لهذه المحاولات تنحدر إلى مستنقع الأناقة اللغوية فيما يتعلق بالتعاريف العديدة لـــ "الضرورة" و "الحقيقة" وهلم جرا، وتلاشى الكثير منها، كما يبدو، بالقبول الصريح للأحجية. ولكن المفهوم

الثنائي القطب للإله، الذي يتم فيه التمييز بين الطبيعة الضرورية للإله وأفعاله المشروطة في العالم، على الرغم من مثلية التعقيد، هو أقرب إلى الالتفاف على هذه المشكلات.

إن ما يبدو، من خلال هذه التحاليل، مدوياً وواضحاً هو التناقض الأساسي لإله ضروري، لا متغير، أزلي بكل ما تعنيه هذه الكلمات مع مفهوم إبداعية الطبيعة، مع الكون الذي يمكن أن يتغير ويتطور ويُحدِث كوناً حقيقياً جديداً توجد فيه إرادة حرة. ولكن، لا يمكن أن نتمتع بها، فعلاً، بكلتا الطريقتين. فإما أن يكون الله هو الذي يهيء كل شيء، بما في ذلك سلوكنا الخاص، وهي حالة تكون فيها الإرادة الحرة مجرد وهم- "خطة القدر مؤكدة،" كما يرى الأكويني- أو أن الحوادث تقع دون أن يكون لله سيطرة عليها، أو أن يكون تنازل عن تلك السيطرة مختاراً.

وقبل أن نترك مشكلة الشرطي، لا بد لنا من أن نقول شيئاً حول ما يدعى بنظرية الأكوان المتعددة. ووفقاً لهذه الفكرة، الرائجة حالياً عند بعض علماء الفيزياء، ليس هناك كون فيزيائي واحد فقط، بل عدد لا متناه من الأكوان. وكل هذه الأكوان تتواجد، بطريقة ما، مع بعضها "على التوازي" وكل منها مختلف عن الآخر، ربما قليلاً فقط. ويمكن أن نتصور أنه يمكن ترتيب الأشياء بحيث يمكن أن يكون كل ضرب من كون موجوداً في هذه المجموعة اللانهائية. فإذا أراد أحدنا كوناً، مثلاً، بقانون التكعيب العكسي لا قانون التربيع العكسي للجاذبية، فإنه سوف يجده طبعاً في مكان ما هناك. ومعظم هذه الأكوان سيكون غير مأهول، لأن الشروط الفيزيائية فيها لن تكون ملائمة لتكوين متعضيات حية. وسوف نرى فقط تلك الأكوان التي يمكن أن تتكون فيها الحياة وتزدهر إلى درجة ينشأ معها أفراد واعون. أما باقي الأكوان فتبقى غير مرئية. وأي مراقب مفترض سيشاهد فقط كوناً خاصاً، ولن يدرك مباشرة الأكوان الأخرى. وسيكون ذلك الكون الخاص مشروطاً بقوة. مع ذلك، لن يبقى وارداً السؤال "لماذا هذا الكون؟"، لأن كل الأكوان الممكنة موجودة. ومجموعة الأكوان كلها، مع بعضها، ليست مشروطة.

ما كل واحد يسعد بنظرية الأكوان المتعددة. فالتسليم بوجود عدد لا نهائي من الأكوان اللامرئية والتي لا يمكن رؤيتها لمجرد تفسير الكون الذي نراه، يبدو كحالة حمل لمتاع زائد إلى النهاية. ومن الأسهل أن نفترض وجود إله واحد غير مرئي. وقد توصل سوينبورن إلى هذا الاستنتاج أيضاً:

التسليم بوجود إله هو تسليم بوجود كيان واحد من نوع بسيط. ... أما التسليم بوجود حقيقي لعدد لا نهائي من العوالم، تُستنفَذ بينها كافة الاحتمالات المنطقية ... هو تسليم بالتعقيد والتوافق غير المدبر سلفاً لأبعاد لا نهائية تتجاوز الإيمان العقلاني.

نظرية تعدد الأكوان غير مرضية من الناحية العلمية لأنها لا يمكن دحضها أبداً: ما الاكتشافات التي تقود قائلاً بتعدد الأكوان إلى تغيير رأيه؟ ماذا نقول لكي نقنع شخصاً يرفض وجود هذه العوالم الأخرى؟ وأسوأ من هذا، أن يتمكن أحدنا من استخدام عوامل كثيرة ولا يفسر شيئاً البتة. وهكذا، يصبح العلم زائداً عن الحاجة. وتنظيمات الطبيعة لن تحتاج إلى مزيد من البحث لأنها، ببساطة، يمكن تفسيرها على اعتبارها نتيجة مختارة، تلزمنا للبقاء أحياء ومراقبين. علاوة على ذلك، هناك شيء ما غير مرض من الناحية الفلسفية حول كل هذه الأكوان التي لا نشاهد. فما معنى قولنا، حسب تعبير بنروز، أن شيئاً موجود ولا يمكن، من حيث المبدأ، رؤيته أبداً؟ وسوف أقول المزيد حول هذا الموضوع في الفصل التالي.

إله يلعب النرد

من ناحيتي، أسلّم بأنه لا يمكن لأحدنا أن يُثبت أن العالم عقلاني. ولا ريب في أنه قد يكون سخيفاً في أعمق مستوى له، وعلينا أن نقبل بوجود العالم وخصائصه كحقائق فظة كان يمكن أن تكون بخلاف ما هي عليه. مع ذلك، إن نجاح العلم، على الأقل، دليل بالقرينة لصالح معقولية الطبيعة. وفي العلم، إذا كان خط التفكير ناجحاً، فإننا نتابعه حتى نكتشف قصوره.

ومن ناحيتي، لا أشك إطلاقاً في أن الحجج التي تساق لصالح وجود عالم ضروري هي أكثر وهناً من الحجج التي تساق للدفاع عن وجود كينونة ضرورية، ولهذا أميل إلى إيثار الأخيرة. مع ذلك، ما أزال أظن أن هناك صعوبات عسـيرة تربط هذا الكائن الضروري السـرمدي بعالم التجربة المشروط المتغير، لأسباب أتيت على دراستها سابقاً. ولا أظن أنه يمكن فصل هذه الصعوبات عن الألغاز الكثيرة غير المحلولة الموجودة بطريقة ما والتي تتعلق بطبيعة الزمن، وحرية الإرادة، وفكرة الهوية الشخصية. وليس واضحاً، بالنسبة لي، ما إذا كانت هذه الكينونة المسلَّم بها والتي تشكل أساس عقلانية العالم تَمُتُ بصلة كهذه للإله الشخصي الذي يتحدث عنه الدين، وبدرجة أدنى من الوضوح أيضاً لإله الكتاب المقدس والقرآن.

ومع أنني لاأشك أبداً فيما يتعلق بعقلانية الطبيعة، إلا أنني ملتزم بفكرة الكون المبدع، للأسباب التي عرضتها في كتابي التصميم الكوني. وهنا نواجه، بصورة حتمية، تناقض التوفيق بين الكينونة والسيرورة، والمتغير والخالد. ويتحقق ذلك فقط بالتسوية بينهما. وتعرف التسوية بـــ "العشوائية." والنظام العشوائي، باختصار، نظام يخضع لتقلبات اتفاقية، ولا يمكن التنبؤ بها. والعشوائية، في الفيزياء الحديثة، تدخل بطريقة أساسية في الميكانيكا الكمومية. ونجدها أيضاً، بصورة حتمية، عندما نتعامل مع أجهزة مفتوحة تخضع لاضطراب مشوِّش خارجي.

تنعكس العقلانية، في النظرية الطبيعية الحديثة، في وجود قوانين رياضية ثابتة، وتنعكس الإبداعية في حقيقة أن هذه القوانين إحصائية أساساً في الشكل. ولنستخدم من جديد العبارة المبتذلة لأينشتاين، إله يلعب النرد بالكون. تضمن الصفة الإحصائية الجوهرية للحوادث الذرية وعدم استقرارية كثير من المنظومات الفيزيائية للتقلبات الدقيقة بقاء المستقبل مفتوحاً وغير محدود بالحاضر. وهذا يهيء إمكانية ظهور أشكال وأنظمة جديدة، بحيث يُزوِّد الكون بنوع من الحرية لاستكشاف الجدَّة الحقيقية. وهكذا، أجد نفسي منسجماً بقوة مع طريقة التفكير، كما وصفناها سابقاً في هذا الفصل.

أدرك أن إدخال العشوائي في مستوى أساسي في الطبيعة يقتضي ضمناً التخلي الجزئي عن مبدأ كفاية السبب. وإذا كانت هناك عشوائية حقيقية في الطبيعة، عندئذٍ، يُبخَس فعلاً، عن طريق أي شيء، تقدير النتيجة كلما ألقي زهر النرد بطريقة خاصة، مما يعني أنه ليس هناك، في تلك الحالة الخاصة، سبب يبرر حصول تلك النتيجة الخاصة. فعلى سبيل المثال، لنتصور إلكتروناً يصطدم بذرة. ونحن نعرف من الميكانيكا الكمومية أن إمكانية انحراف الإلكترون إلى اليسار تعادل إمكانية انحرافه إلى اليمين. فإذا كانت الطبيعة الإحصائية للحوادث الكمومية متأصلة حقاً، وليست مجرد نتيجة لتصورنا، عندئذ، إذا انحرف الإلكترون فعلاً إلى اليسار، فإنه لن يكون هناك أي سبب يبرر انحرافه إلى اليسار بدلاً من أن ينحرف إلى اليمين.

ألا يعتبر هذا اعترافاً بأن هذا هو عنصر اللاعقلانية في العالم؟ آينشتاين يظن هذا ("الإله لا يلعب النرد بالكون!"). وهذا هو السبب في عدم قبوله إطلاقاً لفكرة أن الميكانيكا الكمومية تقدم وصفاً كاملاً للواقع. ولكن اللاعقلانية عند أحدهم هي إبداعية عند شخص آخر. وهناك اختلاف بين العشوائية والفوضوية. فتطور أشكال وأنظمة جديدة يخضع للمبادىء العامة للتعضية التي توجه وتشجع، أكثر مما تجبر، المادة والطاقة على النماء وفقاً لمسارات معينة للتطور محددة مسبقاً. استخدمت في كتابي التصميم الكوني كلمة "القدر" في الإشارة إلى هذه الميول العامة، تمييزاً لها من "الحتمية" (وهو المعنى الذي استخدم فيه الأكويني هذه العبارة). بالنسبة لهؤلاء، ممن هم كلاهوتيي السيرورة، الذين يختارون رؤية اليد المرشدة للإله أكثر من اختيارهم لرؤية العفوية الحقيقية في الطريقة التي يتطور فيها الكون على نحو إبداعي، يمكن أن نعتبر العشوائية كوسيلة فعالة عن طريقها يمكن تحقيق النوايا الإلهية. فلا تبقى حاجة لهذا الإله الذي يتدخل مباشرة في مجرى التطور عن طريق "الإمساك بزهر النرد" وهو اقتراح ذكرته في الفصل الخامس. والتوجيه يمكن أن يتم من خلال القوانين (السرمدية) للتعضية وتدفق المعلومات.

قد يحتج بعضهم بأنه، إذا كان المرء مستعداً للتخلي عن مبدأ كفاية السبب في مرحلة ما، فإنه يمكن التخلي عنه في مكان آخر أيضاً. فإذا انحرف إلكترون "عن طريق الصدفة فقط" إلى اليسار، ألا يمكن أن نفسر القضية: إن قانون التربيع العكسي للجاذبية، أو الشروط الكونية الابتدائية، صدف و "حدثت على هذا النحو ليس إلا"؟ الجواب لا، كما أظن. فالعشوائية الملازمة للميكانيكا الكمومية هي اختلاف أساسي في هذه الناحية. حالة الاضطراب أو الاتفاقية الشاملة-"عدالة" النرد الكمومية-هي ذاتها قانون لطبيعة تقييدية تقريباً. ومع أنه قد لا يكون ممكناً حقاً اكتشاف كل حادث كمومي مستقل، فإن مجموعة الحوادث هذه تتوافق مع النبوءات الإحصائية للميكانيكا الكمومية. ويمكن القول إن هناك نظاماً في الاضطراب. شدد عالم الفيزياء جون ويلر على مسألة كيف يمكن لسلوك يشبه القانون أن ينشأ من اللا قانونية الظاهرة للتقلبات العشوائية، لأنه حتى التشويش يمكن أن يتمتع بانتظام إحصائي. النقطة الأساسية هنا هي أن الحوادث الكمومية تشكل مجموعة يمكن أن نلاحظها. وعلى العكس، لا يمكن ملاحظة قوانين الفيزياء والشروط الابتدائية. هناك مسألة واحدة يمكن للمرء أن يناقش فيها هي أن كل حادثة في نخبة من العمليات الشواشية تقع فقط لتكون كما هي عليه، ويصبح الشيء نفسه بالنسبة لمسألة منظمة كقانون فيزيائي.

في هذه الرحلة الفلسفية، انصب اهتمامي إلى حد كبير، حتى الآن، على الاستنتاج المنطقي. وكانت الإشارة بسيطة إلى الحقائق التجريبية حول العالم. والحجج العلميوجودية والكوزمولوجية، من جهتها، هي فقط معلم لوجود كينونة ضرورية. وتبقى هذه الكينونة غامضة ومجردة. فإذا كانت هذه الكينونة موجودة، فهل يمكن أن نعرف أي شيء عن طبيعتها من فحص الكون الفيزيائي؟ يقودني هذا السؤال إلى موضوع التصميم في الكون.


al-maktabeh
www.
.com
مكتبة
المهتدين

الفصل الثامن

كـون مـن وضـع مُصَمِّـم

كانت دقة نظام العالم الفيزيائي، وعظمته، وتعقيداته دائماً تبعث الهلع في نفوس بني للبشـــر. فمسيرة الأجرام السماوية عبـــر السماء، وتعاقب الفصول، وشكل الشدف الثلجية، والكم الهائل من المخلوقات الحية التي أحسنت تكيفها مع بيئتها- كلها أشياء تبدو على درجة عالية من التنظيم وبعيدة جداً عن أن تكون نتيجة لصدفة غير ذكية. وهناك ميل طبيعي لعزو النظام المعقد للكون إلى منشآت هادفة من عمل إله.

وقد ســـاعد تقدم العلم على توسيع مدى عجائب الطبيعة، حتى أننا اكتشـــفنا اليوم نظاماً يتراوح من أعمق أعماق الذرة إلى أكثر المجرات بعداً. ولكن العلم زودنا أيضاً بتفسيراته الخاصة لهذا النظام. فلم نعد بحاجة إلى تفسيرات لاهوتية لشدفات الثلج، أو حتى للمتعضيات الحية. وقوانين الطبيعة كذلك، حيث يمكن للمادة والطاقة أن تنظما نفسيهما إلى الأشكال والأنظمة المعقدة التي تحيط بنا. ومع أنه من التهور أن نزعم بأن العلماء يفهمون كل شيء حول هذا التنظيم الذاتي، فإنه لا يوجد هناك، كما يبدو، مبرر أساسي على ضوء قوانين الفيزياء، لعدم إمكانية تفسير كل الأنظمة الفيزيائية المعروفة بشـــكل مرضٍ علـــى اعتبارها ناتجاً لعمليات فيزيائية عادية.

يستنتج بعض الناس من هذا أن العلم جرد الكون من كل سر وهدف، وأن التنظيم المعقد للعالم الفيزيائي إما أن يكون صدفة غير ذكية أو نتيجة حتمية لقوانين ميكانيكية. ويعتقد عالم الفيزياء ستيفن واينبرغ أنه "كلما لاح لنا أن فهم الكون ممكن، بدا لنا خالياً من المعنى". ويردد البيولوجي جاك مونود هذه الفكرة العاطفية الكئيبة: " لقد تمزق الميثاق القديم: يعرف الإنسان أخيراً أنه وحيد في ضخامة الكون القاسية، الذي ظهر منه فقط عن طريق الصدفة. ولم يكن قد تم تسجيل قَدَرِه ولا مهمته."

مع ذلك، ما كل العلماء يتوصلون إلى الاستنتاجات نفسها من الحقائق. ومع أنهم يقبلون بأنه يمكن تفسير نظام الطبيعة عن طريق قوانين الفيزياء، إضافة إلى الظروف الكونية الأولية المناسبة، فإن بعض العلماء يسلِّمون بأن الكثير من البنى والأنظمة المعقدة في الكون تعتمد في وجودها على *صيغة خاصة* من هذه القوانين والظروف الأولية. علاوة على ذلك، يبدو وجود التعقيد في الطبيعة، في بعض الحالات، متوازناً إلى حد رائع جداً، حيث أن التغييرات في صيغة القوانين، حتى ولو كانت بسيطة، تمنع بوضوح نشوء هذا التعقيد. وهناك دراسة حديثة تشير إلى أن قوانين الكون مناسبة تماماً لنشوء الغنى والتنوع. وفي حالة المتعضيات الحية، يبدو أن وجودها يعتمد على عدد من الحوادث العرضية المتزامنة، وقد رحب العلماء والفلاسفة بهذا الطرح الذي يكاد يكون مذهلاً.

وحدة الكون

هناك عدةِ جوانب مختلفة لهذا الادعاء "الجيد إلى درجة يصعب تصديقها". وأولها، يتعلق بالنظام العام للكون. فهناك طرق لا حصر لها كان من الممكن أن يكون الكون فيها مشوشاً تشوشاً كاملاً. وربما كان

دون قوانين إطلاقاً، أو كان له فقط خليط متنافر من القوانين دفعت المادة إلى أن تسلك بطرق مضطربة أو غير مستقرة. أو ربما كان بسيطاً جداً إلى درجة الخمول-مجرداً من المادة، أو من الحركة، مثلاً. ويمكن للمرء أيضاً أن يتخيل كوناً كانت تتغير فيه الشروط من لحظة إلى لحظة بطريقة معقدة أو عشوائية، أو حتى كوناً توقف كل شيء فيه عن الوجود فجأة. ويبدو أنه ليس هناك عقبة منطقية أمام فكرة وجود مثل هذه الأكوان الجامحة. ولكن العالم الواقعي ليس هكذا، إنه رفيع التنظيم. فيه قوانين فيزيائية واضحة وعلاقات محددة للعلة والمعلول. وهناك موثوقية في فعالية هذه القوانين. وتواصل الطبيعة شوطها دائماً بالانتظام نفسه، كما يقول ديفيد هيوم. هذا النظام السببي لا ينجم من ضرورة منطقية؛ إنه خاصية تركيبية للعالم، خاصية يمكن أن نطلب بحق تفسيراً لها.

لا يُظهِر العالم الفيزيائي انتظاماً اعتباطياً؛ ليس هذا فقط، بل هو أيضاً منظم بطريقة خاصة جداً. وكما أوضحت في الفصل الخامس، يتوازن الكون على نحو مثير بين النهايتين التوأميتين للترتيب المنظم البسيط (كتنظيم الكريستال) والتعقيد العشوائي (كما في الغاز المشوّش). العالم معقد على نحو لا يمكن نكرانه، ولكن تعقيده من نوع منظم. وحالات الكون، باستخدام المعنى التقني الذي أدخلناه في الفصل الخامس، تتمتع بـ "عمق." وهذا العمق لم يُبيَّت داخل الكون عند ابتدائه. ولكن نشأ من شواش بدائي في سياق عمليات التنظيم الذاتي التي عملت على إغناء وتعقيد الكون المتطور. ومن السهل أن نتخيل عالماً، مع أنه منظم، لا يتمتع، مع ذلك، بالنوع الصحيح من القوى أو الشروط اللازمة لنشوء عمق مهم.

هناك فهم آخر يكون فيه نظام العالم الفيزيائي خاصاً. ويتصل هذا بالتماسك العام ووحدته، وبحقيقة أنه يمكننا أن نتحدث، بصورة هادفة، عن "الكون" بوصفه مفهوماً شاملاً. فهو يحتوي على أشياء وأنظمة مستقلة، ولكنها منظمة إلى حد، لو تناولناها مجتمعة، لشكلت كلاً موحداً ومتناغماً. فعلى سبيل المثال، إن القوى المتعددة في الطبيعة ليست مجرد اقتران جزافي لمؤثرات متباينة. إنها تتداخل مع بعضها بعضاً بطريقة تتبادل فيها الدعم مما يضفي على الطبيعة استقراراً وانسجاماً يصعب إدراكهما رياضياً ولكنهما واضحان لأي واحد يدرس العالم في العمق. حاولت سابقاً أن أنقل ما أقصده بهذا التماسك المتداخل باستخدام تشابه الكلمات المتقاطعة.

من اللافت للنظر، بشكل خاص، كيف أن العمليات التي تظهر على نطاق مجهري- في الفيزياء النووية، مثلاً- تبدو متناسقة بدقة لإحداث تأثيرات مهمة ومتنوعة على نطاق أوسع بكثير- في الفيزياء الفلكية، مثلاً. وهكذا، نجد أن قوة الجاذبية ترافقت بالخواص الميكانيكية والدينمية الحرارية لغاز الهيدروجين كأنما لتشكل عدداً كبيراً من كرات الغاز. وهذه الكرات كبيرة بما يكفي لقدح تفاعلات نووية، ولكنها ليست كبيرة جداً بحيث تنهار بسرعة إلى ثقوب سوداء. وبهذه الطريقة تولد نجوم مستقرة. ويموت كثير من النجوم الكبيرة بطريقة مثيرة عن طريق انفجار ما يعرف بالمستسعرات[1] العظمى. ويأتي جزء من القوة المتفجرة من فعل واحد من أكثر الجسيمات دون الذرية مراوغة في الطبيعة-النيوترينو. وهذه النيوترينووات مجردة كلياً تقريباً من الخواص الفيزيائية: يمكن للنيوترينو الكوني العادي أن يخترق الكثير من السنوات الضوئية للرصاص الصلب. وعلى الرغم من ذلك، يمكن لهذه الكيانات

(1) أو المتجددات الأعلى. المترجم.

الطيفية أن تحمل، في ظل الظروف الصارمة قرب مركز نجم ضخم يموت، قوة كافية لتفجير جل المادة النجومية إلى الفضاء. هذا الحتات مزركش بوفرة بعناصر ثقيلة من النوع الذي صنع منه كوكب الأرض. وهكذا، يمكن أن نعزو وجود الكواكب شبه الأرضية، بتنوعها الواسع من الأشكال والأنظمة المادية، إلى خواص جسيم دون ذري قد لا يكون اكتُشِف بعد، وتأثيره ضعيف جداً. تؤمّن دورات حياة النجوم مثالاً واحداً فقط للطريقة المبدعة والمبتكرة، فيما يبدو، التي تواشجت فيها بقوة المظاهر الواسعة النطاق والضيقة النطاق في الفيزياء لكي تنتج تنوعاً معقداً في الطبيعة.

إضافة إلى هذا التداخل المترابط لمختلف مظاهر الطبيعة، هناك تناسق غريب فيها. فقوانين الفيزياء التي اكتشفت في المختبر تنطبق تماماً علىالذرات في مجرة بعيدة. والإلكترونات التي تشكل الصورة على شاشة تلفازك، تحمل الكتلة، والشحنة، والعزم المغنطيسي نفسه تماماً كالإلكترونات الموجودة على القمر، أو عند طرف الكون الذي يمكن مشاهدته. علاوة على ذلك، تستمر هذه الخواص دون تغيير يمكن اكتشافه من لحظة إلى لحظة تالية. والعزم المغنطيسي للإلكترون، مثلاً، يمكن قياسه بدقة عشرة أرقام؛ وحتى إلى هذه الدقة الخيالية، فإنه لم يكتشف اختلاف في هذه الخاصية. وهذا دليل جيد أيضاً على أن الخواص الأساسيةِ للمادة لا يمكن أن تتغير كثيراً، حتى على مدى عمر الكون.

وإضافة إلى تناسق قوانين الفيزياء، هناك أيضاً تناسق في التنظيم المكاني للكون. فعلى نطاق واسع، تتوزع المادة والطاقة بانتظام إلى حد صارم، ويبدو الكون كأنما يتوسع بالمعدل نفسه في كل مكان وفي كافة الاتجاهات. هذا يعني أن الكائن الأجنبي في مجرة أخرى كثيراً جداً ما

يرى النوع نفسه للتنظيم الواسع النطاق للأشياء التي نراها نحن. ونشاطر مجرات أخرى دراسات كونية مشتركة وتاريخاً كونياً مشتركاً. وكما وصفت في الفصل الثاني، فقد حاول علماء الكونيات تفسير هذا التناسق باستخدام مايعرف بسيناريو الكون التضخمي، الذي يتضمن طفرة مفاجئة في حجم الكون بعد ولادته بقليل. وكان لهذا تأثير ملطف على الشذوذات الأولية. ولكن، من المهم أن نعرف أن تفسير التناسق بمعنى آلية طبيعية لا يفيد بشيء لإضعاف الخصوصية، لأننا نستمر نسأل لماذا تسمح قوانين الطبيعة لتلك الآلية بالعمل. ونقطة النقاش ليست حول الطريقة التي حدث فيها هذا الشكل الخاص بالذات، بل حول أن العالم أُنشِيء لكي يحدث.

وأخيراً، تبقى مسألة بساطة القوانين، تلك البساطة التي نوقشت كثيراً. وأقصد بهذا أنه كان يمكن التعبير عن تلك القوانين بلغة الدَّالاّت الرياضية البسيطة (كقانون التربيع العكسي). وأقول من جديد إنه يمكننا أن نتخيل عوالم فيها انتظام ولكنها من نوع بالغ التعقيد يحتاج إلى مجموعة غير ملائمة من مختلف العوامل الرياضية. وقد عالجت في الفصل السادس تهمة أننا نطور الرياضيات، على وجه الضبط، لكي يبدو العالم بسيطاً. وأظن أن "الفعالية اللامعقولة" للرياضيات في وصف العالم هي دليل على أن انتظام الطبيعة هو من نوع خاص جداً.

حياة في غاية الصعوبة

حاولت أن أثبت أن وجود كون متماسك خاضع لنظام يحتوي على بنىً مستقرة، ومنظمة، ومعقدة يحتاج إلى قوانين وشروط من نوع خاص جداً. ويشـير الدليل إلى أن هذا ليـس مجرد كون قديم ، ولكنه

كون تم تكييفه بصورة جيدة إلى حد رائع لوجود بعض الكينونات الهامة والمثيرة (أي، النجوم المستقرة). وبيَّنت في الفصل السابع كيف صاغ فريمان دايسون وآخرون هذا الشعور إلى ما يشبه مبدأ التنوع الأعظمي.

ويصبح هذا الوضع أكثر إثارة للاهتمام عندما نضع في حسابنا وجود متعضيات حية. ومنذ القرن السابع عشر، على الأقل، جرى التعليق على حقيقة أن للأنظمة البيولوجية شروطاً خاصة جداً، ومن حسن الحظ، أن الطبيعة تلبي هذه الشروط. ولم تظهر الصورة كاملة حتى القرن العشرين، حيث ظهرت الكيمياء الحيوية، وعلم الوراثة، وعلم الأحياء الجزيئي. ففي عام 1913، كتب العالم البارز بالكيمياء الحيوية، لورانس هندرسون: "في الوقت الحاضر، تعتبر خواص المادة ومجرى التطور الكوني مترابطين بقوة ببنية الكائن الحي ونشاطاته؛ ... ويمكن للبيولوجي اليوم بحق أن ينظر إلى الكون في جوهره الحقيقي باعتباره متوسطاً حياتياً." توصل هندرسون إلى هذه الفكرة المدهشة عن طريق بحثه حول تنظيم الحموضة والقلوية عند المتعضيات الحية، والطريقة التي يعتمد فيها هذا التنظيم، بشكل حاسم، على الخواص الخاصة نوعاً ما لبعض المواد الكيميائية. وتأثر كثيراً أيضاً بالطريقة التي يندمج فيها الماء، الذي يحمل عدداً من الخواص الشاذة، إلى حياة في المستوى الأساسي. لو لم تكن هذه المواد المختلفة موجودة، أو لو كانت قوانين الفيزياء مختلفة قليلاً بحيث لا تتمتع تلك المواد بهذه الخواص الخاصة، لكانت الحياة (على الأقل كما نعرفها) مستحيلة. اعتبر هندرسون "ملاءمة البيئة" للحياة أكبر من أن تكون عرضية، وتساءل عن نوع القانون الذي يمكن أن يفسر هذا التلاؤم.

في الستينيات لاحظ الفلكي فْرِدّ هوُيْلِه أن عنصر الكربون، الذي تجعله خواصه الكيميائية المميزة حاسماً بالنسبة للحياة الأرضية، يجري تصنيعه من الهليوم داخل النجوم الكبيرة. وينطلق من هناك عن طريق الانفجارات التي تحدث في المستسعرات العظمى، كما رأينا في المقطع السابق. وعلى الرغم من استقصاء التفاعلات النووية التي تؤدي إلى تكوين الكربون في الأجواف النجمية، فقد أذهلت هُويْلَه حقيقة أن التفاعل الرئيس يتواصل فقط بسبب رمية من غير رامٍ. فنوى الكربون تنشأ بعملية دقيقة إلى حد ما تستلزم لقاء عرضياً لثلاث نوى عالية السرعة من الهليوم، التي تندمج، عندئذٍ، مع بعضها بعضاً. وبسبب ندرة اللقاءات العارضة الثلاثية النوى، يمكن للتفاعل أن يتقدم بسرعة مهمة فقط في طاقات معينة واضحة (تدعى "ترابطات تكافؤية هجينة")، حيث تتضخم جوهرياً عن طريق التأثيرات الكمومية. وبمساعدة الحظ، تتوضع إحدى تلك الترابطات في الموضع الصحيح بحيث تنسجم مع الطاقات التي تملكها نوى الهليوم داخل النجوم الكبيرة. ومن الغريب أن هُويْلَه لم يعرف هذا في ذلك الوقت، ولكنه تنبأ بأنه يجب أن يكون هكذا على أساس أن الكربون هو أحد العناصر الوفيرة في الطبيعة. وفيما بعد، أثبتت التجارب أنه على صواب. وكشفت دراسة مفصلة أيضاً عن "مصادفات" أخرى ما كان للكربون دونها أن يُنتَج ويُحفَظ داخل النجوم. لقد تأثر هُويْلَه جداً بهذه "السلسلة الهائلة من المصادفات،" فعقب على ذلك بالقول، "كأن قوانين الفيزياء النووية صُمِّمَت عمداً لما يتعلق بالنتائج التي تُحدِثُها داخل النجوم." وفيما بعد، ترتب عليه أن يشرح فكرة أن الكون يبدو كـ "عمل مدبر،" وكأن أحدهم كان "يعبث" بقوانين الفيزياء.

أوردتُ هذه الأمثلة كعينة فقط. وهناك قائمة طويلة إضافية من "الحوادث المحظوظة" و "المصادفات" قام بتصنيفها علماء الفيزياء الفلكية براندون كارتر، و وبرنارد كار، و مارتن ريس. فقد قدموا مجتمعين دليلاً مؤثراً على أن الحياة كما نعرفها تعتمد، إلى حد بالغ الدقة، على صيغة قوانين الفيزياء، وعلى بعض الحوادث الاتفاقية الظاهرية في القيم الحقيقية التي اختارتها الطبيعة لمختلف كتـل الجسـيمات، ومقاومـات القوى، وهلمجرا. وبما أننا كنا قد درسـنا هذه الأمثلة في مكان آخر، لذلك لن أدرجها هنا. ويكفي القول الآن إننا إذا كنا نسـتطيع تمثيل دور الإله، واختيار قيم لهذه الكميات بنزوة عن طريق العبث بتدوير مجموعة من مسكات الأبواب، فسوف نجد أن كافة أوضاع المسـكات تقريباً ستجعل الكون غير صالح للسكنى. وفي بعض الحالات، يبدو كما لو أن المسكات المختلفة يجب أن تتوالف بدقة هائلة إذا أريد للحياة أن تزدهر في هذا الكون. ويستنتج جون غريبن و مارتن ريـس، في كتابهما *المصادفات الكونية:* "تبدو الشروط في كوننا مناسبة إلى حد استثنائي حقاً لأشكال حياتية كأشكالنا."

ومن البديهي أنه يمكننا أن نلاحظ فقط كوناً ينسجم مع وجودنا. وكما ذكرت، إن هذا الترابط بين الملاحظة الإنسانية وقوانين وشروط الكون أصبحت معروفة، لسـوء الحظ تقريباً، بوصفها مبدأ إنسانياً. وفي الصيغة المذكورة آنفاً، فإن المبدأ الإنساني لا يؤكد أن وجودنا يفرض بطريقة ما على قوانين الفيزياء أن تتخذ الصيغة التي هي عليها، ولا يحتاج أحدنا إلى أن يستنتج أن تلك القوانين كانت صُمِّمَت قصداً مع وضع الناس في الاعتبار. ومن ناحية أخرى، إنها لحقيقة ذات مدلول عميق، حقيقة أن التغييرات الطفيفة في الحالة التي تكون عليها الأشياء يمكن أن تجعل الكون غير قابل للملاحظة.

هل صمم الكون خالق ذكي؟

أدرك الفلاسفة الأغريق في وقت مبكر أن نظام الكون وانسجامه يتطلبان تفسيراً، ولكن فكرة أن هذه الصفات صادرة عن خالق يعمل وفقاً لخطة مُتَصَوَّرَة سلفاً تمت صياغتها بصورة جيدة في العصر المسيحي فقط. وفي القرن الثاني عشر، عرض الأكويني فكرة أن الأجسام الطبيعية تعمل كما لو كانت موجهة نحو هدف أو غاية محددة "بحيث تحصل على أفضل النتائج." وجادل الأكويني في أن هذا التلاؤم بين الوسائل والغايات ينطوي على قصد. ولكن، بما أن الأجسام الطبيعية تفتقر إلى وعي، فإنه لا يمكنها أن توفر بنفسها ذلك القصد. "وإذاً، يجب أن يكون هناك وجود لكائن ذكي يوجه كافة الأشياء الطبيعية إلى غايتها؛ وهذا الكائن نسميه الإله."

ولكن حجة الأكويني انهارت في القرن السابع عشر مع تطور علم الميكانيكا. فقد فسرت قوانين نيوتن حركة الأجسام المادية على نحو كاف تماماً بلغة العطالة والقوى دون الحاجة إلى إشراف إلهي. ولم يكن في الرواية الميكانيكية الصرف عن العالم أي مكان للغائية (الأسباب النهائية أو الموجهة بهدف). ولهذا، يجب البحث عن تفسير لسلوك الأشياء في الأسباب الطبيعية المباشرة–أي، القوى التي تؤثر عليها موضعياً عن طريق أجسام أخرى. مع ذلك، إن هذا التغيير في رؤية العالم لم يضع حداً لفكرة أن العالم لا بد أن يكون قد صُمِّم لهدف. ونيوتن نفسه، كما رأينا، يعتقد أن النظام الشمسي مدبَّر جداً قياساً بفكرة أنه نشأ وحيداً من فعل قوى عمياء: "هذا النظام الأكثر جمالاً للشمس، والكواكب، والمذنبات، يمكن أن ينبثق فقط من خطة كائن ذكي ومقتدر وضمن سيطرته." وهكذا، يمكن أن يبقى المرء، حتى ضمن الرؤية الميكانيكية للعالم، مرتبكاً حول الطريقة التي تم بموجبها ترتيب الأجسام المادية في الكون. وكان يصعب تماماً على العلماء الافتراض بأن التنظيم الدقيق والمتناسق للطبيعة ناتج عن مجرد صدفة.

وكان روبرت بويله قد أوضح وجهة النظر هذه، كما يلي:

اختراع الرائع لذلك النظام العظيم للعالم، وخصوصاً البناء العجيب لأجسام الحيوانات واستخدامات أحاسيسها وأجزائها الأخرى، هو الذي كوَّن الدوافع العميقة التي استحثت الفلاسفة في كل العصور على الاعتراف بوجود إله أبدع هذه البنى الرائعة.

أدخل بويله، ببلاغة كبيرة، المقارنة الشهيرة بين الكون وتركيبة الآلية الساعية التي طورها عالم اللاهوت وليم بيلي في القرن الثامن عشر. يقول بيلي لنفترض أنك كنت "تعبر مرجاً" وعثرت على ساعة ملقاة على الأرض. وعند فحصك لها، لاحظت التنظيم المعقد لأجزائها وكيف جرى تنظيمها مع بعضها بعضاً بطريقة تعاونية لتحقيق غاية جماعية. وحتى لو لم تكن أبداً قد رأيت ساعة ولا تحمل فكرة عن وظيفتها، فإنك سوف تستنتج، من معاينتك لها، أنها صممت لهدف. ويمضي بيلي قائلاً إننا عندما نتأمل التدابير الأكثر تعقيداً في الطبيعة، فإننا سنتوصل إلى الاستنتاج نفسه وحتى على نحو مقنع أكثر.

ويكمن ضعف هذه الحجة، كما عرضها هيوم، في كونها تتقدم عن طريق القياس. الكون الميكانيكي مشابه للساعة؛ والساعة لها مصمم، ولذلك يجب أن يكون للكون مصمم. ويمكن لأحدنا أيضاً أن يقول إن الكون يشبه الكائن الحي، ولذلك يجب أن يكون نما من جنين في رحم كونية! من الواضح أنه ما من حجة قياسية يمكن أن ترقى إلى برهان. وأفضل ما يمكن أن تقدمه هو تقديم المساندة للفرضية. وتعتمد درجة المساندة على مدى القناعة التي يوفرها القياس. فلو فُرِش العالم بمهاد من قطع الغرانيت ودُمِغَت هذه بعبارة من صنع الله، على غرار دمغة صانع الساعة، فهل ستتوفر القناعة الراسخة بذلك لكل من هم على شاكلة هيوم في هذا العالم؟ "وقد يكون السؤال مشروعاً

حول ما إذا كان يكفي أن يقول أحدهم بشيء من اللا مبالاة "لا شيء غير ممكن في هذا،" عندما يكون مضطراً للتعليق على كل جزء يمكن إدراكه من دليل واضح على النشاط الإلهي المبدع، بما في ذلك الرسائل المكتوبة في تراكيب الجزيئات السلسلية الموجودة في الطبيعة." يمكن أن نتصور أن دليلاً واضحاً لتصميم ما موجود في الطبيعة، ولكن ذلك الدليل محجوب عنا بطريقة ما. وربما نتوصل يوماً إلى إدراك "دمغة المهندس" فقط في حال بلغنا مستوى معيناً من الكسب العلمي. هذا هو موضوع الرواية كونتاكت التي كتبها عالم الفلك كارل ساغان، ويقول فيها إن هناك رسالة طُمِرَت بمهارة في أرقام π– عدد دُمِج إلى التركيب الكوني بالذات – ويمكن الوصول إليها فقط عن طريق استخدام تحليل حاسبي معقد.

ويصح ذلك أيضاً على معظم الناس المعقولين الذين يتقبلون حججاً أخرى قياسية حول العالم. وهناك مثل يتصل بالوجود الفعلي لعالم فيزيائي. فخبراتنا المباشرة تشير دائماً إلى عالمنا العقلي، عالم الانطباعات الحسية. ونفكر عادة في هذا العالم العقلي وكأنه خريطة أو نموذج أمين لعالم فيزيائي موجود فعلاً "في مكان ما هناك،" ونميز بين صور الأحلام والصور الفيزيائية. وحتى الخريطة أو النموذج أيضاً مجرد قياس؛ قياس نكون، في هذه الحالة، مستعدين عادة لقبوله. ونحتاج حتى إلى وثبة إيمانية أكبر عندما نتوصل إلى استنتاج يفيد بأن هناك عقولاً أخرى بالإضافة إلى عقولنا. فنحن نستمد خبرتنا بالكائنات الأخرى البشرية كلياً من التفاعلات مع أجسامهم: لا يمكن أن ندرك عقولهم مباشرة. ولا ريب في أن آخرين من الناس يتصرفون *كما لو كانوا* يشاطروننا تجاربنا العقلية الخاصة، ولكن، لا يمكننا معرفة ذلك. ويقوم استنتاج أن هناك عقولاً أخرى موجودة، بصورة كلية، على أساس القياس بسلوكنا وخبراتنا الخاصة.

لا يمكن تصنيف الحجة القائلة بوجود تصميم على اعتبارها صحيحة أو خاطئة، ولكنها مجرد حجة إيحائية إلى حد ما. وبالتالي، ما مدى إيحائيتها؟ ما من عالم اليوم يتفق مع نيوتن ويدّعي أن النظام الشمسي منظم على نحو ملائم جداً إلى درجة لا يمكن معها أن يكون نشأ بصورة طبيعية. وعلى الرغم من أن منشأ النظام الشمسي غير مفهوم تماماً، فإن الآليات التي نعرف بوجودها يمكنها أن تنظم الكواكب بالطريقة المنظمة التي نجدها عليها. مع ذلك، أوحى النظام الشامل للكون للكثيرين من علماء الفلك بمبدأ التصميم. وهكذا، فإن جيمس جينز(*) الذي كان قد أعلن "يبدو أن الكون صُمِّم من قبل عالم رياضيات صرف،" وكتب أيضاً "يبدو [الكون] أكثر شبهاً بفكرة عظيمة منه بآلة عظيمة،" وكتب أيضاً:

نكتشف أن الكون يبدي دليلاً على وجود قوة تصميم أو تنظيم تشاركنا إلى حد ما عقولنا الفردية- ليس، كما اكتشفنا حتى الآن، عاطفتنا، أو أخلاقيتنا، أو تقديرنا للجمال، بل الميل إلى التفكير بالطريقة التي نصفها بأنها رياضية، نظراً لحاجتنا إلى كلمة أفضل.

تعالوا نترك علم الفلك لحظة. وسنجد الأمثلة الأكثر إثارة لـ "مبتكرات الطبيعة" في حقل البيولوجيا، وقد كرس بيلي جل اهتمامه لهذه الأمثلة. ففي البيولوجيا، يعتبر تكييف الوسائل مع الغايات ضرباً من أسطورة. لندرس العين، مثلاً. يصعب علينا أن نتصور أن هذا العضو لا يعني تأمين القدرة على الرؤية. أو أن جناحي الطائر لم يوجدا لغرض الطيران. يرى بيلي وكثيرون غيره أن هذا التكيف المعقد والناجح ينم عن ترتيب إلهي أنجزه مصمم ذكي. ولكن ما يدعو للأسف أن هذه الحجة تلاشت بسرعة كما يعرف الجميع. فنظرية داروين

(*) (1877-1946)، فيزيائي ورياضي وفلكي بريطاني قال إن المادة تتكون على نحو موصول في الكون. المترجم.

أثبتت بشكل حاسم أن النظام المعقد الذي تكيف بفعالية مع البيئة يمكن أن ينشأ كنتيجة لطفرة عشوائية واصطفاء طبيعي. ولا حاجة لمصمم لكي ينتج عيناً أو جناحاً. وتنتج هذه الأعضاء، كما يبدو، من عمليات طبيعية عادية تماماً. وقد قدم عالم الأحياء الأكسفوردي، ريتشارد داوكنز، بألمعية احتفال المنتصر بهذا النقد العلني في كتاب *صانع الساعات الأعمى*.

أدى النقد الشديد الذي تعرضت له حجة التصميم من قبل هيوم، وداروين وآخرين إلى التخلي عنها تماماً تقريباً من قبل علماء اللاهوت. ومن الغريب تماماً أن تُبعَث إلى الحياة من جديد في السنوات الأخيرة من قبل عدد من العلماء. والحجة، في صيغتها الجديدة، لا تتوجه إلى الأشياء المادية في الكون بالذات، بل إلى القوانين المستبطنة، المنيعة على الهجوم الدارويني. ولكي نعرف السبب، دعوني أولاً أفسر السمة الأساسية للتطور عند داروين. تقتضي نظرية داروين، في جوهرها، وجود طاقم، أو مجموعة من أشخاص متماثلين، يمكن أن يؤثر عليهم الاصطفاء. فعلى سبيل المثال، لنتأمل كيف يحدث وتتكيف الدببة القطبية تماماً مع الثلج. ولنتخيل مجموعة من دببة بنية اللون تجوس في أرض مكسوة بالثلج بحثاً عن الطعام. وتراها ضحيتها بسهولة فتنسحب بسرعة. تواجه هذه الدببة ظروفاً صعبة، وبعدئذٍ، وعن طريق حادث ما وراثي، تلد دبة بنية دباً أبيض. ويحصل الدب الأبيض على صيد وفير لأنه يمكنه أن يتسلل إلى ضحيته دون أن تلاحظه هذه بسهولة. ويعيش الدب الأبيض فترة أطول من منافسيه من الدببة البنية اللون وينتج جِراءً أكثر بياضاً. إنهم أفضل بكثير، وينتجون أيضاً دببة أكثر بياضاً بكثير. وبعد فترة ليست طويلة، تسيطر الدببة البيضاء، وتستولي على كل الغذاء، وتسوق الدببة البنية إلى الانقراض.

يصعب أن نتصور شيئاً ما كالقصة السابقة ليس قريباً من الحقيقة. ولنلاحظ كم هو حاسم أن يكون هناك عدد كبير من الدببة منذ البداية. ويولد واحد من مجموعة الدببة صدفة حاملاً اللون الأبيض، وبذلك يكتسب ميزة اصطفائية أكثر من الآخرين. وتعتمد الحجة برمتها على طبيعة قادرة على الاصطفاء من مجموعة من أفراد متماثلين، متنافسين. ولكن، عندما يتعلق الأمر بقوانين الفيزياء والشروط الكوزمولوجية الأولية، فإننا لن نجد مجموعة من المتنافسين. فالقوانين والشروط الأولية فريدة بالنسبة لكوننا. (وسأصل بعد قليل إلى السؤال حول ما إذا كانت توجد هناك مجموعة من الأكوان ذات قوانين مختلفة.) فإذا صح أن وجود الحياة يتطلب وجود قوانين الفيزياء وشروط أولية للكون لكي يكون منسجماً بدقة مع الضبط العالي، وأن الانسجام الدقيق حاصل في الواقع، عندئذٍ، يبدو اقتراح التصميم ملزماً.

ولكن قبل القفز إلى هذا الاستنتاج، ينبغي أيضاً أن ندرس الاعتراضات. أولاً، يحتج البعض أحياناً بأنه، لو لم تكن الطبيعة ملزمة بإنتاج الشروط الصحيحة لتكوُّن الحياة، لما كنا هنا نحن أنفسنا لنشارك في النقاش حول هذه المسألة. ذلك صحيح طبعاً، ولكنه من الصعب أن يرقى إلى مستوى حجة مضادة. والحقيقة هي: نحن هنا، وهنا بفضل بعض الترتيبات المناسبة البارعة. ولكن وجودنا نفسه لا يمكن أن يفسر هذه الترتيبات. يمكن ألا يبالي أحدنا بالمسألةِ معلقاً بأننا حقاً محظوظون جداً لأن الكون صدف وأن تمتع بالشروط الضرورية لازدهار الحياة. ولكن لأن هذه هي مراوغة القَدَر ولا معنى لها. ونقول مجدداً إن المسألة مسألة اجتهاد شخصي. فلنفترض أنه أمكن إثبات أن الحياة ستكون مستحيلة ما لم تكن نسبة كتلة الإلكترون إلى كتلة البروتون 0.00000000001% من

عدد ما مستقل تماماً–مثلاً، مئة ضعف نسبة كثافات الماء والزئبق بدرجة 18 مئوية (64.4° فهرنهايت)، عندئذٍ، حتى الشكوكي الأكثر عناداً سيغريه بالتأكيد الاستنتاج بأن هناك "مجريات ما."

إذن، كيف يجب أن نقدر تماماً مدى " الشك" في النظام؟ تكمن المشكلة في أنه ليست هناك طريقة طبيعية لقياس اللا احتمالية الداخلية لـــ "المصادفات" المعروفة. من أي مدى يمكن اختيار قيمة شدة القوة النووية (التي تثبت موضع رنين هويله، مثلاً)؟ فإذا كان المدى لا متناهياً، عندئذٍ، يمكن اعتبار أن احتمال اختيار أي مدى متناه للقيم هو صفر. ولكن، بعدئذٍ يجب أن تعترينا الدهشة بما يوازي ذلك مهما كانت شروط الحياة ضعيفة في تقييدها لتلك القيم. ولا شك في أن هذا قياس الخُلْف لحجة برمتها. وما نحتاجه هو نوع مما يمكن تسميته ما وراء النظرية–نظرية النظريات– التي تؤمّن احتمالاً واضحاً لأي مدى مفترض للقيم البارامترية. وعلى حد معرفتي، لا توجد، لا بل لم يقترح أحد نوعاً من "ما وراء نظرية" كهذه. وإلى أن يتم ذلك، يجب أن تبقى درجة "الشكوكية" المتضمنة ذاتية تماماً. ومع ذلك، تبقى مشكوكاً بصحتها.

ويُطرَح أحياناً اعتراض آخر هو أن الحياة تتطور بما يتلاءم مع الشروط السائدة، الى حد لا يفاجئنا مع أننا نكتشف أنها تكيفت بصورة حسنة جداً مع ظروفها. وقد يكون هذا صحيحاً بالقدر الذي يتعلق الأمر فيه بالحالة العامة للبيئة. فالتبدلات المناخية المعتدلة، مثلاً، تميل إلى التلاؤم. ومن الخطأ طبعاً أن نشير إلى الأرض ونقول: "يا للشروط، انظر كم هي ملائمة للحياة! المناخ مناسب تماماً، هناك الكثير من زاد الأكسجين والماء، ومقاومة الجاذبية تناسب تماماً حجم الأطراف، إلخ، إلخ. فيالها من مجموعة استثنائية من المصادفات!" الأرض مجرد كوكب واحد بين مجموعة هائلة تنتشر في كل مكان مــن مجرتنا وما وراءها. والحياة يمكن أن تتشـــكل فقط على تلك

الكواكب حيث تكون الشروط ملائمة. فلو لم تكن الأرض واحداً منها، لكانت تمت كتابة هذا الكتاب في مجرة أخرى. ونحن هنا لا نهتم بأي شيء محدود كالحياة على الأرض. والسؤال هو، ضمن أية شروط يمكن للحياة أن تنشأ، على الأقل، في مكان ما في الكون؟ فإذا نشأت تلك الحياة، فإنها ستجد نفسها حتماً متوضعة في موضع ملائم.

حجة الخصوصية التي كنت أناقشها لا تشير إلى هذه الكوّة أو تلك، ولكن إلى القوانين المستبطنة للفيزياء ذاتها. وهذه القوانين لو لم تعمل على تلبية بعض الشروط، لما ابتدأت الحياة. ومن الواضح أن الحياة القائمة على أساس الكربون لا يمكن أن توجد لو لم يكن الكربون موجوداً. ولكن ماذا عن أشكال بديلة للحياة، من تلك التي يؤثرها كتّاب الأدب العلمي؟ وأكرر القول إننا حقاً لا نعرف الجواب. فإذا اختلفت قوانين الفيزياء قليلاً عن صيغتها الواقعية، فإنه يمكن أن تنشأ احتمالات جديدة للحياة لتحل محل الاحتمال المفقود للحياة كما نعرفها. تماثل ذلك الفكرة العامة حول أن عمل الآليات البيولوجية محدد وصعب، ومن غير المحتمل أن تنشأ من ترتيبات اتفاقية للفيزياء. ولكن إلى أن نحقق فهماً مناسباً لمنشأ الحياة، أو معرفة حول أشكال بديلة لحياة في مكان آخر في الكون، يجب أن تبقى المسألة مفتوحة.

براعة الطبيعة

بالعودة إلى القول الشهير لآينشتاين "الإله بارع لكن ليس ماكراً"، نحصل على مفتاح لجانب آخر مثير للاهتمام من جوانب النظام الطبيعي. كان آينشتاين يقصد أنه لتحقيق فهم الطبيعة يجب على المرء أن يتمتع بمواصفات مهمة كالمهارة الرياضية، والتبصر الفيزيائي، والإبداع الفكري، إلا أنه، مع ذلك، يمكن الوصول إلى هدف الفهم. وكنت أتيت على دراسة هذا

الموضوع بلغة مختلفة إلى حد ما في الفصل السادس، حيث بينت أن العالم يبدو وكأنه أنشيء بطريقة تجعل وصفه الرياضي ليس عادياً إطلاقاً مع أنه يبقى ضمن نطاق قدرات التفكير البشري.

وكما أشرت مرة أو مرتين حتى الآن، إن نقل مفهوم الدقة الرياضية للطبيعة إلى من لا يعرفون الفيزياء الرياضية صعب جداً، وهو، مع ذلك، واضح بما يكفي بالنسبة للعلماء المهتمين بما أشير إليه. وربما أنه أكثر إثارة للاهتمام في مواضيع علم فيزياء الجسيمات ونظرية المجال، حيث يجب أن تتحد عدة فروع من الرياضيات المتقدمة. وبعبارة بسيطة: يجد المرء أن الاستخدام المباشر للرياضيات يمضي به بعيداً ثم يجعله يتوقف. وتظهر بعض التاقضات الداخلية، أو أن النظرية تعطي نتائج متناقضة إلى حد يدعو إلى اليأس مع العالم الواقعي. وعندئذ، يظهر شخص ذكي ويكتشف حيلة رياضية-ربما منفذاً ما محجوباً في النظرية، أو إعادة أنيقة لصياغة المشكلة الأصلية بلغة رياضية جديدة كلياً- وباللسهولة، كل شيء يصبح مفهوماً! يستحيل مقاومة الدافع إلى إعلان أن الطبيعة ذكية، على الأقل، كالعالم فيما يتعلق بـــ "اكتشاف" الخدعة واستثمارها. وكثيراً ما يسمع أحدنا علماء نظريين في الفيزياء، يتحدثون بطريقة غير رسمية وعامية حول أنهم عززوا نظريتهم الخاصة بنكتة ذكية /لطيفة/ أنيقة إلى درجة يصعب معها أن نتصور أن الطبيعة لن تستفيد منها!

اسمحوا لي أن أقدم صورة وصفية موجزة لمثال واحد. كنا درسنا في الفصل السابع المحاولات الحديثة لتوحيد القوى الأساسية الأربع للطبيعة، إذ لماذا تنشر الطبيعة قوى أربع مختلفة؟ أما كان أكثر بساطة، وفعالية، وأناقة لو كانت هناك ثلاث قوى، أو قوتان أو حتى قوة واحدة، إنما بمظاهر أربعة متميزة؟ أو أن تكون بدت هكذا للفيزيائيين المهتمين، فراحوا يبحثون عن

التشابهات بين القوى لمعرفة ما إذا كان أي دمج رياضي ممكناً. في الستينيات، كانت القوتان الواعدتان المرشحتان هما: القوة الكهرطيسية والقوة النووية الضعيفة. وكان معروفاً أن القوة الكهرطيسية تعمل من خلال تبادل جسيمات تدعى "فوتونات." تنتقل هذه الفوتونات بسرعة جيئة وذهوباً بين جسيمات مشحونة كهربائياً كالإلكترونات، وتولّد قوى فوقها. فعندما يفرك المرء بالوناً ويلصقه بالسقف، أو يشعر بسحب أو دفع المغنطيس، فإنه يشهد هذه الشبكة من الفوتونات المتجولة التي تقوم غير مرئية بعملها. ويمكنه أن يعتبر هذه الفوتونات كمراسلين تقريباً، ينقلون الأخبار عن القوة بين جسيمات المادة، التي يجب أن تستجيب لهم عندئذ.

هنا، كان المنظّرون يظنون أن شيئاً ما مماثلاً كان يجري داخل النوى عندما تعمل القوة النووية الضعيفة. وابتُكر جسيم افتراضي، عرف رمزياً تحت اسمW، ليقوم بدور مراسل مشابه لمراسل الفوتون. ولكن، بينما كانت الفوتونات مألوفة في المختبر، فإن أحداً لم يرW أبداً، وهكذا، كانت الرياضيات هي الدليل الرئيس في هذه النظرية. فأعيدت صياغة النظرية من جديد بطريقة أظهرت تشابهها الأساسي بالكهرطيسية على نحو أكثر إيحاء. والفكرة هي إنه إذا كان لدينا مخططان رياضيان متشابهان تقريباً، فإنه يمكن أن ندمجهما مع بعضهما بعضاً ونجعل منهما مخططاً واحداً مدمجاً. كان المقصود بجزء من إعادة التنظيم إدخال جسيم إضافي كمراسل، عرف تحت اسم Z، أشد شبها بالفوتون من W. وكانت المشكلة، حتى في هذا الإطار الرياضي المحسّن، هي أن المخططين- نظريتي الكهرطيسية والقوة الضعيفة- بقيا مختلفين بطريقة واحدة أساسية تقريباً. فعلى الرغم من التشابه في كثير من الخواص بين Z والفوتون، فإن كتلتيهما يجب أن تكونا عند النهايتين المتقابلتين للطيف. هذا لأن كتلة الجسيم

المراسل ترتبط، بطريقة بسيطة، بمدى القوة: كلما كان الجسيم المراسل أكبر، كان مدى القوة المماثلة قصيراً. والآن، إن الكهرطيسية قوة ذات مدى غير محدود، تتطلب جزيئاً مراسلاً كتلته صفر، في حين أن القوة الضعيفة محدودة بالمسافات دون النووية وتستلزم أن تكون جسيماتها المراسلة كبيرة جداً بحيث تتجاوز أكثر الذرات وزناً.

دعوني أقل بضع كلمات حول انعدام كتلة الفوتون. ترتبط كتلة الجسيم بعطالته. فكلما كانت الكتلة أصغر، كانت العطالة أصغر، وبالتالي، تزداد سرعته عند دفعه. وإذا كانت كتلة جسم صغيرة جداً، فإن دفعاً مفترضاً يضفي عليه سرعة كبيرة جداً. وإذا تصور أحدنا جسيمات كتلها أقل وأقل، عندئذٍ، تكون سرعتها أكبر وأكبر. وقد نظن أن جسيماً كتلته صفر ينتقل بسرعة غير محدودة، ولكن الأمر ليس كذلك. فنظرية النسبية تمنع السفر بسرعة أكبر من سرعة الضوء، وهكذا، فإن الجسيمات التي كتلتها صفر تسافر بسرعة الضوء. والفوتونات، لكونها "جسيمات الضوء،" هي المثل الواضح. كانت النبوءة السائدة تفيد بأن كتلتي الجسيمين W و Z أكبر من كتلة البروتون (الجسيم المعروف الأكثر استقراراً) بــ 80 و 90 مرة، على التوالي.

كانت المشكلة التي واجهها المنظرون في الستينات هي كيف يمكن توحيد مخططين رياضيين أنيقين يصفان القوى الكهرطيسية والضعيفة إذا كانا يختلفان بدرجة ملحوظة في جزء مهم واحد. وظهر التقدم المفاجيء في المعرفة عام 1967. واعتماداً على الإطار الرياضي الذي أنشأه في وقت مضى شيلدون غلاشاو، حدد الفيزيائيان النظريان عبد السلام وستيفن فاينبرغ ، كل منهما على انفراد، طريقة للتقدم. وكانت الفكرة الأساسية كما يلي: لنفترض أن ضخامة كتلة W و Z ليست صفة أولية، ولكنها شيء ما اكتسب نتيجة للتفاعل مع شيء آخر؛ أي، لنفترض أن هذه الجسيمات لم تولد كبيرة،

إذا صح التعبير، إنها فقط تحمل حمل جسيمات أخرى؟ التمييز بينهما يكون دقيقاً، ولكنه حاسم. يعني أن الكتلة لا تعزى إلى قوانين الفيزياء المستبطنة، ولكن إلى *الحالة* الخاصة التي نجد عليها عادة W و Z.

ويمكن أن يضفي القياس على هذه النقطة مزيداً من الوضوح. لننصب قلم رصاص على رأسه ولنمسكه عمودياً. والآن، لنتركه يسقط. سينقلب ويستقر باتجاه ما، ولنقل مثلاً نحو الشمال الشرقي. وصل قلم الرصاص إلى تلك الحالة نتيجة لتأثير جاذبية الأرض. ولكن "انتظامه لناحية الشمال" ليست صفة داخلية للجاذبية. أما الصفة الداخلية لجاذبية الأرض فهي طبعاً صعوداً وهبوطاً، لا شمالية جنوبية أو شرقية غربية أو أي شيء ما بينهما. فالجاذبية لاتميز بين الاتجاهات الأفقية المختلفة. وهكذا، يكون التوجه الشمالي الشرقي لقلم الرصاص مجرد خاصية عرضية لمنظومة قلم الرصاص زائداً الجاذبية التي تعكس الحالة الخاصة التي يصدف أن يكون القلم فيها.

يمثل دورَ الجاذبية، في حالة W و Z، مجال جديد افتراضي، يدعى مجال هيغز نسبة إلى بيتر هيغز من جامعة أدنبرة. يتفاعل مجال هيغز مع W و Z ويسبب "انقلابهما" بالمعنى الرمزي. وبدلاً من أن يختارا "وجهة شمالية شرقية" فإنهما يختاران كتلة- ومقادير كبيرة منها. والطريق مفتوحة الآن للتوحد مع القوة الكهرطيسية، لأن W و Z من الداخل، كالفوتون، دون كتلة. يمكن عندئذ توحيد المخططين الرياضيين، فيقدمان وصفاً موحداً لقوة وحيدة "ضعيفة كهربائياً."

والباقي تاريخ، كما يقولون. وأخيراً، وفي مطلع الثمانينات أنتجت المسرّعات في المركز الأوروبي للبحث النووي، قرب جنيف، جسيمات W وبعدها Z. وبذلك، تم إثبات النظرية بشكل رائع. قوتان من قوى الطبيعة كانتا تعتبران، في الواقع، مظهران لقوة واحدة. والشيء الذي أريد الإصرار عليه هو أن الطبيعة حددت بوضوح المنفذ في الحجة في أنه لا يمكن ضم

جسيمات عديمة الكتلة وعظيمة الكتلة مع بعضها بعضاً. ولكن هذا أصبح ممكناً باستخدام آلية هيغز.

هناك ملحق لهذه القصة. مجال هيغز، الذي يقوم بالعمل المهم برمته، له جُسَيْمه المرافق ، ويسمى "بوزون(*) هيغز." وربما يكون ضخماً جداً في الواقع، مما يعني أننا نحتاج إلى كمية كبيرة من الطاقة لإعداده. وحتى الآن، لم يكتشف أحد بوزون هيغز، ولكنه يعتبر الرقم واحد في قائمة الأشياء التي يُنتظَر لها أن تُكتشَف. وسيكون إنتاجه واحداً من الأهداف الرئيسة لمسرِّع حديث جبار صُمِّم في أواخر التسعينيات لأرض العيص في تكساس. سيكون محيط هذه الآلة الهائلة التي تعرف باسم "المصدم الخارق الفائق التوصيل SSC،" حوالي خمسين ميلاً، وستعمل على تسريع البروتونات وضديدات البروتونات إلى طاقات لم يسبق لها مثيل. سيسمح لأشعة مضادة للدوران بالتصادم، مما يسبب صدامات ذات قوة ضارية. والأمل معقود على SSC في أن يجمع قدرة كافية لإنتاج بوزون هيغز. ولكن الأمريكيين سيكونون في سباق مع الأوروبيين، الذين يتوقعون أن يظهر بوزون هيغز في واحدة من الآلات في المركز الأوروبي للبحث النووي. وإلى أن يظهر أحدها طبعاً، لا يمكن أن نتأكد من أن الطبيعة تستخدم فعلاً آلية هيغز. وربما اكتشفت طريقة أكثر مهارة. ولننتبه إلى آخر فصل في هذه المسرحية!

مكان لكل شيء وكل شيء في مكانه

عندما يتساءل العلماء فيما يتعلق بمادة موضوعهم، "لماذا تزعج الطبيعة نفسها بهذا؟" أو "ما الهدف من ذلك؟" فإنهم، كما يبدو، ينسبون تفكيراً عقلانياً

(*) دقيقة نووية في تركيب الذرة. المترجم.

للطبيعة. ومع أنهم يحاولون طرح هذه الأسئلة بروح مرحة، إلا أنها أيضاً جادة في محتواها. وتظهر التجربة أن الطبيعة تشاطرنا إحساسنا بالتدبير، والفعالية، والجمال، والبراعة الرياضية، وهذه المقاربة للبحث يمكن أن تدفع حصصها غالباً (كما هي الحال في توحيد القوى الضعيفة والكهرطيسية). يظن معظم الفيزيائيين أنه تحت تعقيدات مواضيعهم تكمن وحدة أنيقة ومقتدرة، وأن التقدم يمكن أن يتحقق عن طريق تحديد "الحيل" الرياضية التي استثمرتها الطبيعة لتوليد كون متنوع ومعقد من هذه البساطة المستبطنة.

هناك، على سبيل المثال، شعور غير محدد ولكنه عام تقريباً بين الفيزيائيين بأن كل شيء موجود في الطبيعة يجب أن يكون له "مكان" أو دور كجزء من مشروع ما أوسع، أي أن الطبيعة لا ينبغي أن تتساهل في التبذير بإظهار كيانات بلا مبرر، أي أنها لا ينبغي أن تكون اعتباطية. يجب أن يرتبط كل مظهر من الواقع الفيزيائي مع المظاهر الأخرى بطريقة "طبيعية" ومنطقية. وهكذا، عندما اكتُشِف الجسيم المعروف باسم ميون(*) عام 1937، دهش الفيزيائي إزيدور رابي، وصرخ، "من رتب ذلك؟" والميون جسيم مثيل تقريباً للإلكترون من كافة النواحي باستثناء كتلته، التي هي أكبر بـ 206.8 ضعفاً. هذا الأخ الكبير للإلكترون غير مستقر، ويتفكك بعد ميكروثانية أو اثنتين، وبالتالي، لا يعتبر سمة دائمة للمادة. وعلى الرغم من ذلك، يبدو أنه جسيم أولي قائم بذاته وليس مركباً من جسيمات أخرى. كان رد فعل رابي نموذجياً. ما الغرض من وجود الميون؟ ما حاجة الطبيعة لنوع آخر من الإلكترون، وخصوصاً إلكتروناً يختفي فوراً. وببساطة، ما مدى اختلاف العالم لو لم يكن الميون موجوداً؟

(*) أو ميوميزون، جسيم نووي لحظي البقاء. المترجم.

ومن يومها، أصبحت المشكلة أكثر وضوحاً. ومن المعروف الآن أن هناك أخوين أكبر. ويعرف الثاني، الذي اكتشف عام 1974، تحت اسم "تاوأون Tauon." والأسوأ أيضاً أن جسيمات أخرى تمتلك أيضاً أخوة كباراً غير مستقرة إلى حد بعيد. وما يدعى بالكواركات Quarks–حجارة بناء المادة النووية، كالبروتونات والنيوترونات– يحمل كل منها نسختين أيضاً. وهناك أيضاً ثلاثة أنواع من النيوترينو. وقد عرضنا الوضع تخطيطياً في الجدول رقم 1. ويبدو أن كل الجسيمات المعروفة للمادة يمكن تنظيمها إلى ثلاثة "أجيال." في الجيل الأول الإلكترونات، والإلكترون–نيوترينو، والكواركان المسميان "فوق" و "تحت،" اللذان ينشئان معاً البروتونات والنيوترونات. والجسيمات في الجيل الأول كلها مستقرة بصورة أساسية، وتمضي لتشكل المادة العادية للكون الذي نراه. إن الذرات في جسم أحدنا، وتلك التي في الشمس والنجوم مركبة من جسيمات الجيل الأول هذه.

ويبدو الجيل الثاني أكثر بقليل من نسخة للجيل الأول. هنا نجد الميون، الذي أذهل روبي إلى حد بعيد. هذه الجسيمات (ربما باستثناء النيوترون) غير مستقرة، وسرعان ما تتفكك إلى جسيمـــات الجيل الأول. وما يثير الدهشـــة أن الطبيعة تقوم من جديد بتقديم نسخة أخرى مطابقة لنموذج في الجيل الثالث! والآن، قد يتساءل المرء: أما من نهاية لتكرار هذه التجربة؟ ربما تكون هناك لا محدودية للأجيال، وما نشهده، في الواقع، هو نموذج تكراري بسيط. ولكن معظم العلماء مختلفون حول ذلك. ففي 1989، استُخدِم مسارع الجسيمات الجديد في مركز البحث النووي الأوروبي، الذي يدعى ليب Lep لتقصي تفكك الجسيم Z بدقة. والآن، يتفكك Z إلى نيوترونات، ويعتمد معدل التفكك على عدد أصناف النيوترينووَات المتميزة الموجودة في الطبيعة، وهكذا، يمكن استخدام قياس دقيق للمعدل لاستنتاج عدد النيوترينووات. ويأتي الجواب ثلاثة، مما يشير إلى وجود ثلاثة أجيال فقط.

الجدول رقم 1

	لبتونات Leptons	كواركات
الجيل الأول	إلكترونات	تحت
	إلكترونات - نيوترونات	فوق
الجيل الثاني	ميون	غريب
	ميون - نيوترينو	مَرقيّ
الجيل الثالث	تاوْأون	قاعدة
	تاوْأون - نيوترينو	قمة

تتركب الجسيمات المعروفة للمادة من اثني عشر كياناً أساسياً. ستة منها،التي تدعى اللبتونات، خفيفة وتتفاعل على نحو ضعيف فقط. والستة الباقية، وتدعى كوارتات، ثقيلة وتتفاعل بقوة، وتنشيء مادة نووية. ويمكن تنظيم الجسيمات إلى ثلاثة أجيال بخواص متماثلة.

وهكذا، يكون لدينا الأحجية: لماذا ثلاثة أجيال؟ فجيل واحد أو عدد لا متناه منها سيكون "طبيعياً،" ولكن ثلاثة تبدو انحرافاً واضحاً. فكانت "أحجية الجيل" هذه حافزاً لعمل مهم من الناحية النظرية. لقد جاء التقدم المرضي في فيزياء الجسيمات، في معظمه، من استخدام فرع الرياضيات الذي يعرف بـــ "نظرية الزمر." وترتبط هذه بقوة بموضوع التناسق، وهو واحد من المظاهر "المفضلة" للطبيعة. ويمكن استخدام نظرية الزمر لربط جسيمات مميزة بوضوح إلى عائلات موحدة. والآن، هناك قواعد رياضية محددة حول كيف يمكن تمثيل هذه الفئات وتوحيدها، وكيف تصف العديد من كل نمط من الجسيمات. والأمل معقود على ظهور وصف لنظرية الزمر يقدم نفسه على أرضيـــات أخرى، ولكنه يحتـــاج

إلى ثلاثة أجيال من الجسيمات. وعندئذٍ، يبدو التبذير الواضح للطبيعة كنتيجة ضرورية لبعض التناسق الموحد الأكثر عمقاً.

وطبيعي أن مشكلة الأجيال ستواصل تقديم المثال المعاكس للحجة التي تقول إن الطبيعة اقتصادية على نحو بارع أكثر منها اعتباطية على نحو خبيث حتى يظهر ذلك التوحيد الأكثر عمقاً. ولكنني واثق تماماً من أن الطبيعة تشاطرنا معنى الاقتصاد، ويسرني أن أراهن على أن مشكلة الأجيال ستجد حلاً لها خلال العقد القادم أو حوله، وأن حلها سوف يوفر دليلاً إضافياً لافتاً على أن الطبيعة تلتزم فعلاً بقاعدة "مكان لكل شيء وكل شيء في مكانه."

هناك نتيجة طبيعية مهمة للعبة الأجيال تعزز وجهة نظري. لم أكن أميناً تماماً في المعلومات المدخلة إلى الجدول رقم 1. وحتى هذا الوقت الذي أكتب فيه، لم يُعيَّن كوارك القمة بشكل نهائي. فقد قيل أنه "اكتُشف" في عدة مناسبات، ولكن ليظهر بعد فترة وجيزة أنه لم يُكتشَف بعد. والآن، يمكن لأحدنا أن يتساءل حول سبب الثقة الكبيرة للعلماء بأن كوارك القمة موجود إلى درجة تجدهم مستعدين معها لإنفاق جزء هام من مواردهم الضيئلة في سبيل البحث عنه. هل نفترض أنه غير موجود؟ هل نفترض أن هناك فعلاً ثغرة في الجدول (الذي هو، في المحصلة، تركيب بشري)، بحيث لا توجد هناك ثلاثة أجيال إطلاقاً، بل اثنان وثلاثة أرباع؟ من الصعب طبعاً أن نجد فيزيائي يعتقد حقاً بأن الطبيعة منحرفة جداً، وعندما يُكتَشَف كوارك القمة (كما سيحدث، دون شك، فيما بعد)، فإنه سيقدم مثلاً آخر للطبيعة التي تعد الأشياء بأناقة.

مشكلة الأجيال، في الواقع، جزء من مخطط التوحيد الأكبر الذي كنت قد ألمحت إليه، والذي عولج بحشد صغير من النظريات. فقد كتب جون

بولكنغهورن، وكان فيزيائياً يبحث في الجسيمات قبل أن يصبح كاهناً، حول الثقة التي يحملها الفيزيائيون في المرحلة التالية لبرنامج التوحيد:

يعمل زملائي السابقون بجد في مسعىً لإنتاج نظرية أكثر حتى من شاملة. ... وأجد لزاما علي أن أقول في الوقت الحاضر إن جهودهم تكتسي مسحة الابتكار، حتى التهور. وهناك، فيما يبدو، حقيقة أو فكرة ما تزال مفقودة. مع ذلك، لا أشك في أنه سيتم، بمرور الوقت، إحراز فهم أعمق، ويتبين نموذج أكثر عمقاً في أساس الواقع الفيزيائي.

وكما ذكرت، إن ما يعرف بنظرية الأوتار الفائقة هي الطراز السائد، ولكن ما من شك في أن شيئاً آخر سيظهر قريباً. وعلى الرغم من الصعوبات الكبيرة التي تنتظرنا، فإنني أتفق مع بولكنغهورن. لا يمكن أن أصدق أن هذه المشكلات مستحيلة الحل حقاً، وأنه لا يمكن توحيد فيزياء الجسيمات. فكل المؤشرات تجبر المرء على الافتراض أن هناك وحدة أكثر من اعتباطية تحت كل شيء، على الرغم من الحيرة.

وكملاحظة أخيرة حول مسألة "الحاجة" إلى كل هذه الجسيمات، إنها لفكرة غريبة أن تمثل الميونات، على الرغم من غيابها عن المادة العادية، دوراً مهماً إلى حد ما في الطبيعة رغم كل شيء. فمعظم الأشعة الكونية التي تصل إلى سطح الأرض هي ميونات في الواقع. وهذه الأشعة تشكل جزءاً من الخلفية الطبيعية للإشعاع، وتسهم إلى الطفرات الوراثية التي تحفز التغيير التطوري. ولهذا السبب، يمكن للمرء، على الأقل لأمد محدود، أن يجد فائدة للميونات في البيولوجيا. وهذا يؤمّن مثالاً آخر للتشابك الموفق للكبير والصغير الذي أتيت على ذكره في مطلع هذا الفصل.

هل هناك حاجة لمصمم؟

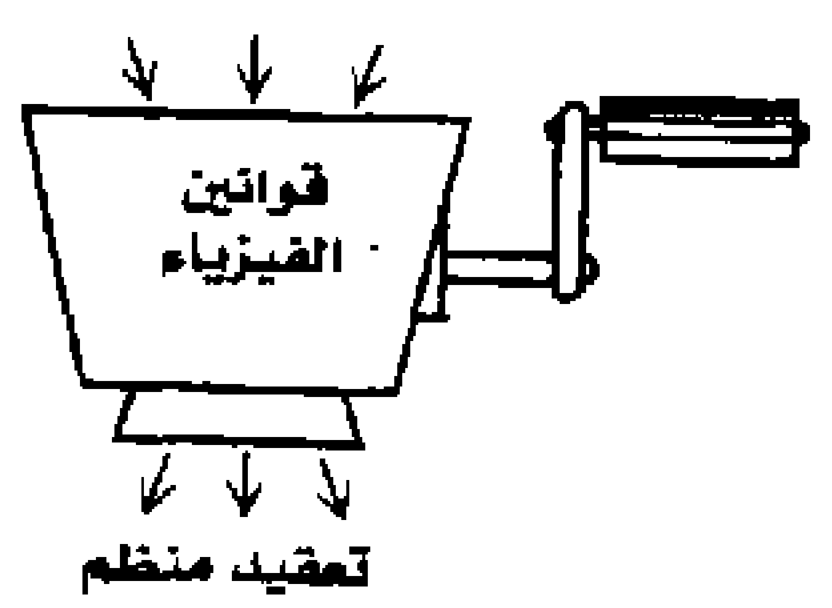
أرجو أن تكون الدراسة السابقة قد أقنعت القارىء بأن العالم الطبيعي ليس مجرد تدبير ما قديم من الكيانات والقوى، ولكنه مخطط رياضي بارع وموحد إلى حد رائع. والآن، لا جدال في أن كلمات مثل "بارع" و "ذكي" هي صفات بشرية، مع ذلك، لا يمكن للمرء إلا أن يعزوها للطبيعة أيضاً. فهل هذا مجرد مثل آخر لإسقاط أصناف تفكيرنا الخاصة على الطبيعة، أم أنه يمثل صفة داخلية حقيقية للعالم؟

لقد تجاوزنا ساعة بيلي بمسافة طويلة. ولو عدنا إلى قياسي المفضل مرة أخرى، لوجدنا أن عالم فيزياء الجسيمات أكثر شبهاً بآلية الكلمات المتقاطعة منه بتركيبة تشغيل الآلية الساعية. فكل اكتشاف جديد هو لغز، يجد حله في ارتباط رياضي جديد. ومع تزايد المكتشفات، يتزايد أكثر فأكثر عدد حلقات التقاطع "الممتلئة،" ويبدأ المرء يرى ظهور نموذج ما. وفي الوقت الحاضر، تبقى فراغات كثيرة في الأحجية، ولكن يمكن أن نلمح شيئاً من دقتها وتساوقها. وعلى خلاف الآليات التي يمكن أن تتطور ببطء، مع الزمن، إلى أشكال أكثر تعقيداً أو تنظيماً، فإن "الكلمات المتقاطعة" لفيزياء الجسيمات تأتي جاهزة. الحلقات لا تتطور، إنها ببساطة هناك، في القوانين المستبطنة. فإما أن يتوجب علينا أن نتقبلها كحقائق فجة مدهشة حقاً، أو نبحث عن تفسير أعمق.

هذا التفسير الأعمق، وفقاً للتعليم المسيحي، هو أن الله صمم طبيعة ذات إبداع ومهارة جديرين بالاعتبار، وأن مشروع فيزياء الجسيمات هو جزء مكشوف من هذا التصميم. وإذا كان على المرء أن يقبل ذلك، فإن السؤال التالي هو: ما هدف الإله من إنتاج هذا التصميم؟ في البحث عن جواب لهذا السؤال، يجب أن نضع في اعتبارنا "المصادفات" الكثيرة التي أتينا على ذكرها قبل الآن فيما يتعلق بالمبدأ الإنساني ومتطلبات المتعضيات البيولوجية. "التناغم الدقيق" الظاهري لقوانين

الطبيعة ضروري إذا كان يجب أن تتطور الحياة الواعية في الكون ثم تحمل دلالة واضحة على أن الله صمم الكون بحيث يسمح لهذه الحياة والوعي بالظهور. ومعنى هذا أن وجودنا الخاص في الكون شَكَّل جزءاً مركزياً من خطة الإله.

ولكن، هل وجود التصميم يقتضي بالضرورة وجود مصمم؟ يجيب جون ليسلي بلا. ولنتذكر أن الكون، في نظرية ليسلي حول الخلق، موجود كنتيجة لـــ "حاجة أخلاقية." ويكتب: "وجود العالم كنتيجة لحاجة أخلاقية يمكن أن يكون نفسه بالضبط، غنياً تماماً بوضوح الدليل على لمسة مصمم، سواء اعتمدت الحاجة، أو لم تعتمد، في تأثيرها على الأفعال الإبداعية التي يوجهها ذكاء خيِّر." وباختصار، إن كوناً جيداً يبدو لنا مصمماً، حتى لو لم يكن كذلك.

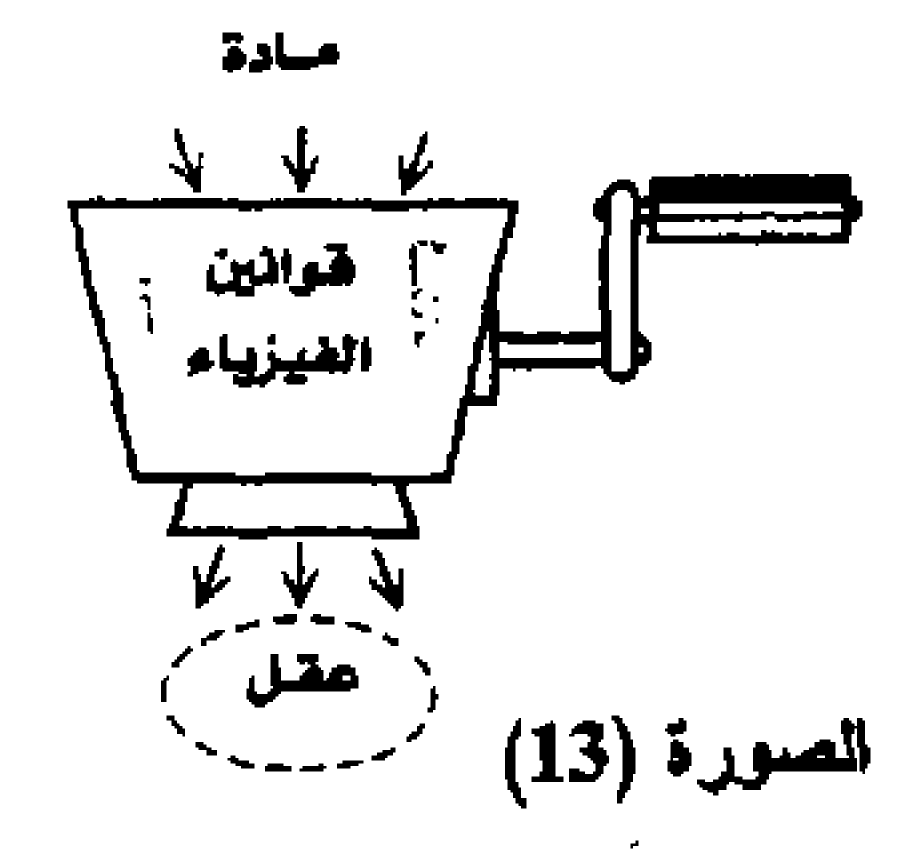


الصورة (12)

تمثيل رمزي للتطور الكوني. يبدأ الكون في حالة ابتدائية بسيطة ومستقرة نسبياً، ثم "تُعالَج" بقوانين فيزيائية ثابتة لكي تُنتِج حالة خرج غنية بالتعقيد المنظم

قلت في كتابي التصميم الكوني إن الكون يبدو وكأنه مكشوف وفقاً لخطة أو تصميم ما. ومثّلت الفكرة (جزئيـــاً) بطريقـــة تخطيطيـــة بالشكل رقم 12، حيث تقوم بدور التصميم قوانين الفيزياء (أو برنامج الحاسب الكوني، إذا كانت هذه التسمية أفضل) ، التي تُعرَض على شكل آلـــة لتحضير النقانق. الدخل هو الشروط الكونيـــة الابتدائيـــة، والخرج تعقيد أو عمق منظم. وتُظهِر الصورة رقم 13 شكلاً مختلفاً، حيث الدخل مادة والخرج عقل. السمة الأساسية هي أن شيئاً من قيمة ينشأ كنتيجة للمعالجة وفقاً لمجموعة ما بارعة من القوانين موجودة

مسبقاً. وتبدو هذه القوانين كما لو كانت ناتج تصميم ذكي. لا أعرف إلى أي مدى يمكن رفض ذلك. وإذا أراد أحدنا أن يعتقد أنها فعلاً كانت مصممة، فإن تحديد نوع الكائن المصمم يبقى مسألة ذوق شخصي. أما أنا فأميل إلى الافتراض أن صفات كالإبداع، والتدبير، والجمال وغيرها، تنطوي على حقيقة صادقة هي فوق الوجود المادي- إنها ليست مجرد ناتج لتجربة .إنسانية- وأن هذه الصفات تنعكس في تركيب العالم الطبيعي. ولا أعرف ما إذا كان يمكن لهذه الصفات ذاتها أن تخلق الكون. فإذا صح ذلك، فإنه يمكن للمرء أن يعتبر الإله كمجرد تشخيص باطني لهذه الصفات المبدعة، أكثر منه كوكيل مستقل. ويحتمل، طبعاً، ألا يروق هذا لأي واحد يشعر أنه على علاقة بالإله.



الصورة (13)

تطور المادة من البساطة إلى التعقيد التي مُثّلت في الصورة 12 وتتضمن إنتاج متعضيات واعية من مادة أولية لا حية

تعدد الواقع

لا شك في أن التحدي الجدّي لحجة التصميم يأتي من الفرضية البديلة التي تقول بكثرة الأكوان، أو تعدد الواقع. وكنت قدمت هذه النظرية في الفصل السابع فيما يتصل بالحجة الكوزمولوجية حول وجود الله. والفكرة الأساسية هي أن الكون الذي نراه هو واحد لا غير بين مجموعة واسعة من الأكوان. وعندما تعلن هذه النظرية بوصفها هجوماً على حجة التصميم، فإنها تقترح أن كل

الشروط الفيزيائية الممكنة ممثلة في مكان ما وسط المجموعة، وأن السبب في أن كوننا الخاص يبدو مصمماً هو أن الحياة (وبالتالي، الوعي) ستكون قادرة على الظهور فقط في هذه الأكوان التي لها ذلك الشكل المدبر. ومن هنا، ليس هناك ما يدعو إلى الدهشة في أننا نجد أنفسنا في كون مكيف على نحو مناسب للمتطلبات البيولوجية. لقد تم "اختياره إنسانياً."

أولاً، يجب أن نسأل عن الدليل على وجود هذه العوالم الأخرى. لقد وضع الفيلسوف جورج غيل قائمة بعدة نظريات فيزيائية تتضمن، بطريقة أو بأخرى، مجموعة من الأكوان. ونظرية تعدد الأكوان التي تتكرر دراستها كثيراً تتعلق بتفسير الميكانيكا الكمومية. ولكي ندرك كيف تقود الريبة الكمومية إلى إمكانية وجود أكثر من عالم واحد، علينا أن ندرس مثلاً بسيطاً. لنتخيل إلكتروناً وحيداً مغموراً في مجال مغنطيسي. يتمتع هذا الإلكترون بخاصية لَفٍّ[1] ذاتي تزوده بـــ "عزم مغنطيسي." تتولد طاقة من تفاعل مغنطيسية الإلكترون مع المجال المغنطيسي الخارجي، وهذه الطاقة تعتمد على الزاوية بين اتجاه المجال المفترض واتجاه المجال المغنطيسي الخاص بالإلكترون. فإذا كان المجالان في اتجاه واحد، فإن هذه الطاقة تكون منخفضة، وإذا كانا في اتجاهين متعاكسين، فإنها تكون عالية؛ وفي الزوايا الوسطية تتراوح الطاقة بين هاتين القيميتين. ويمكننا أن نقيس بفعالية اتجاه الإلكترون عن طريق قياس طاقة التفاعل المغنطيسي هذه. وما تم اكتشافه، وهو أساسي في قواعد الميكانيكا الكمومية، هوأننا دائماً نلاحظ فقط قيمتين للطاقة، مناظرتين (باختصار) للعزم المغنطيسي للإلكترون المتجه إما باتجاه المجال المغنطيسي أو ضده.

---

(1) اللف الذاتي spin: خاصية للجسيمات الأولية، تبدو بمقتضاها كما لو أنها تدور حول محور لها، ويكون لها بذلك كمية حركة زاويّة ذاتية، وكذلك عزم مغنطيسي. المترجم.

هنا، تنشأ حالة مثيرة إذا باشرنا عمداً بإعداد المجال المغنطيسي للإلكترون بحيث يكون عمودياً على المجال المغنطيسي للحقل المفترض. أي، نقنع أنفسنا بأن الإلكترون لا يتجه باتجاه المجال المغنطيسي الخارجي ولا ضده، بل عبره. رياضياً، يمكن وصف هذا الترتيب عن طريق إظهار الإلكترون بحالة "تراكب" الإمكانيتين. أعني أن الحالة- باختصار أيضاً- هجين من واقعتين متراكبتين: لفٌ صاعد spin-up ولفٌ نازل spin-down. والآن، إذا قمنا بقياس الطاقة، فإن قيمتها ستكون دائماً إما عالية أو منخفضة، وليست مزيجاً غريباً من الحالتين. ولكن الارتياب المتأصل للميكانيكا الكمومية يمنعنا من أن نعرف مقدماً أياً من هاتين الإمكانيتين سوف تسود فعلاً. مع ذلك، فإن قوانين الميكانيكا الكمومية تسمح لنا بتحديد احتمالات نسبية للبدائل. وفي المثل الذي درسناه، هناك احتمال متساو للقيمتين عالية ومنخفضة. وهكذا، ووفقاً للتفسير البسيط لنظرية تعدد الأكوان، فإن الكون، عند إجراء قياس ما، ينشطر إلى نسختين، اللف في إحداهما صاعد وفي الأخرى نازل.

أما الرواية الأكثر تهذيباً، فتتخيل وجوداً دائماً لكونين مترابطين، ولكنهما قبل التجربة متماثلان في كل الجوانب. وتؤثر التجربة في إحداث تمايزهما فيما يتعلق باتجاه اللف الذاتي للإلكترون. وفي حال عدم تساوي الاحتمالين، يمكن للمرء أن يتخيل وجود كثير من العوالم المتماثلة بمقدار الاحتمال النسبي. فعلى سبيل المثال، إذا كان الاحتمالان $\frac{2}{3}$ فوق up و $\frac{1}{3}$ تحت down، فإنه يمكن للمرء أن يتخيل ثلاثة أكوان ابتدائية متماثلة، اثنان منها يبقيان متماثلين ويكون تحركهما الزاوي صاعداً والآخر يميز نفسه فيكون تحركه الزاوي نازلاً. وبصورة عامة، يحتاج المرء إلى رقم لا نهائي من الأكوان لتغطية كافة الاحتمالات.

ولنتخيل الآن أننا وسّعنا هذه الفكرة من إلكترون وحيد إلى كل جسيم كمومي في الكون. وفي كل مكان من الكون، تتبدد الريبات المتأصلة التي تجابه كل جسيم كمي عن طريق تمايز الواقع إلى أكوان أكثر استقلالاً موجودة دائماً. تفرض هذه الصورة أن كل شيء يمكن أن يحدث، سيحدث. أي، سوف تظهر كل مجموعة من الظروف الممكنة فيزيائياً (وما كل شيء ممكن منطقياً) في مكان ما وسط هذه المجموعة اللامتناهية من الأكوان.

يجب اعتبار مختلف الأكوان، بمعنى ما، وقائع "متوازية" أو متزامنة. ولا ريب في أن أي مراقب مفترض، سوف يرى واحداً منها لا غير، ولكن يجب أن نفترض أن حالات الوعي للمراقب ستكون جزءاً من عملية التفريق، بحيث تحمل كافة العوالم البديلة، على كثرتها، نسخاً لعقول المراقبين. وعدم إمكانية اكتشاف هذا "الانشطار" العقلي هو جزء من النظرية؛ وكل نسخة منا يشعر أنه فريد ومتكامل. على الرغم من ذلك، هناك عدد هائل من النسخ لأنفسنا في الوجود! ومع أن النظرية قد تبدو غريبة، فإن عدداً كبيراً، كما يبدو، من الفيزيائيين إضافة إلى بعض الفلاسفة يؤيدونها بمعنى أو آخر. ومزاياها ملزمة خصوصاً لأولئك الذين يشتغلون في الكوزمولوجيا الكمومية، حيث تبدو التأويلات البديلة للميكانيكا الكمومية أقل إقناعاً أيضاً. ولكن، لا بد من القول إن للنظرية نقادها، ومنهم روجر بنروز الذي يتحدى الادعاء بأننا لن نلاحظ الانشطار.

وهذا الحدس ليس، بأية حال، الحدس الوحيد لمجموعة العوالم. وهناك حدس آخر، سهل تخيله إلى حد ما، هو أن ما دعوناه "الكون" قد يكون مجرد بقعة صغيرة من منظومة أكبر ممتدة في الفراغ. فإذا أمكننا أن ننظر إلى أبعد من العشرة بلايين من السنوات الضوئية أو ما يقاربها وهو البعد المتاح لوسائلنا، فإننا سنرى (هكذا تمضي النظرية) مناطق أخرى مختلفة جداً عن

مناطقنا. وليس هناك حد لعدد المجالات المختلفة التي يمكن تضمينها بهذه الطريقة، لأن الكون يمكن أن يكون كبيراً إلى ما لا نهاية. وبصورة أكثر دقة، إذا عرّفنا "الكون" بأنه كل شيء موجود، عندئذٍ، تكون هذه نظرية تعدد مناطق لاتعدد أكوان، ولكن التمييز بينها لا يتصل بأغراضنا.

والمسألة التي يجب أن نتوجه إليها الآن هي ما إذا كان الدليل على وجود تصميم يمكن اعتباره أيضاً كدليل على كثرة الأكوان. لا شك في أن الجواب هو نعم في بعض الجوانب. فالتنظيم الحيِّزي للكون على نطاق واسع، مثلاً، مهم للحياة. فلو كان الكون غير منتظم إلى درجة كبيرة، لما كان يمكنه إنتاج ثقوب سوداء، أو غاز مضطرب فضلاً عن مجرات حسنة التنظيم تحتوي على نجوم وكواكب مستقرة تشجع الحياة. إذا تخيل أحدنا عدداً لا حد له من العوالم فيها المادة موزعة عشوائياً، فإن الشواش يجب أن يكون سائداً. ولكن تنشأ هنا وهناك، بمحض المصادفة، واحة من النظام، بما يتيح للحياة أن تتشكل. اقترح الفيزيائي السوفييتي أندرييه لينده تعديلاً لسيناريو الكون المتضخم على امتداد هذه الخطوط وقام بدراسته. وعلى الرغم من أن الواحات الهادئة ستكون نادرة بما لا يقبل النقاش تقريباً، فإننا لن نفاجأ بأن نجد أنفسنا نقطن إحداها، لأنه لا يمكن أن نعيش في مكان آخر. مع ذلك، لن نفاجأ إذا وجدنا أنفسنا مستقرين، على نحو غير سوي، على سطح كوكب ما، في حين يتألف الجزء الأعظم من الكون من حيز فارغ تقريباً. وهكذا، لا يحتاج النظام الكوني إلى أن يعزو تنظيم الأشياء إلى العناية الإلهية، بل، على الأصح، إلى تأثير اصطفائي حتمي يرتبط بوجودنا.

يمكن توسيع هذا النمط من التفسير ليشمل حتى بعض "المصادفات" في فيزياء الجسيمات. وكنت قد ناقشت كيف تُستحضَر آلية هيغز لتفسير الطريقة التي يكتسب فيها الجسيمان W و Z كتلتيهما. وفي نظريات التوحيد الأكثر

تعقيداً، يتم إدخال مجالات هيغز الأخرى لتوليد كتل لكافة الجسيمات، وأيضاً لتثبيت بعض البارامترات الأخرى للنظرية المتعلقة بالقوى‌المعيقة. وهنا، تماماً كما في قياس قلم الرصاص الساقط الذي استخدمته سابقاً، يمكن أن تنقلب المنظومة إلى منظومة تتألف من ضرب كامل من الحالات (شمال شرق، ، جنوب شرق، جنوب، جنوب– جنوب غرب، إلخ.)، وهكذا، يمكن لمنظومة الجسيمات، في هذه الآليات الأكثر تعقيداً من نمط هيغز أن "تنقلب" إلى حالات مختلفة. تلك الحالات التي يعتمد تبنيها، عشوائياً، على التقلبات الكمومية–أي، على الريبة المتأصلة المبيتة داخل الميكانيكا الكمومية. يجب على المرء، في نظرية تعدد الأكوان، أن يفترض أن كل اختيار ممكن يُعرَض في مكان ما عن طريق كون كامل. وبصورة بديلة، يمكن أن تحدث الاختيارات البديلة في مناطق مختلفة في الفراغ. وفي كل من الطريقتين، يجب إظهار المرء مع مجموعة من الأنظمة الكوزمولوجية التي تتخذ فيها الكتل والقوى قيماً مختلفة. وعندئذٍ، سيكون بالإمكان إثبات أن الحياة تتشكل فقط حيث اتخذت تلك الكميات القيم "الاتفاقية" الضرورية للحياة.

وعلى الرغم من القوة التي تتمتع بها نظرية تعدد الأكوان لتفسير ما يعتبر، من نواح أخرى، حقائق خاصة لافتة للنظر حول الطبيعة، فإن النظرية تواجه عدداً من الاعتراضات الجدية. أولها، ناقشته في الفصل السابع، ويعارض قاعدة أوكهام، عن طريق إدخال تعقيد واسع (لا نهائي في الواقع) لتفسير انتظام كون واحد فقط. وجدت أن هذه المقاربة "البلهاء" لتفسير خصوصية كوننا مشكوك فيها من الناحية العلمية. وهناك أيضاً المشكلة الواضحة المتمثلة في أن النظرية يمكنها أن توضح فقط جوانب الطبيعة الوثيقة الصلة بوجود حياة واعية؛ وبخلاف ذلك، لا توجد آلية انتقائية. والارتباط الواضح بالبيولوجيا ضعيف بالنسبة للكثير من الأمثلة التي قدمتها حول التصميم، كبراعة ووحدة فيزياء

الجسيمات. ولنتذكر أنه لا يكفي أن تكون صفة معينة وثيقة الصلة بالبيولوجيا، بل يجب أن تكون حاسمة بالنسبة لغلبتها الحقيقية.

هناك نقطة أخرى كثيراً ما يتم إغفالها هي أنه، في كل نظريات تعدد الأكوان التي تُستمَد من الفيزياء الواقعية (كنقيض لمجرد تخيل وجود عوالم أخرى)، فإن قوانين الفيزياء هي نفسها في كل العوالم. واختيار أكوان متاحة محدود بتلك الممكنة فيزيائياً، كنقيض لتلك التي يمكن تخيلها. وسيكون هناك كثير من الأكوان التي تكون ممكنة منطقياً ولكنها تناقض قوانين الفيزياء. ففي مثل الإلكترون، الذي يمكن أن يلف صعوداً أو نزولاً، يحتوي كلا العالمين إلكتروناً يحمل الشحنة الكهربائية نفسها، ويمتثل لقوانين الكهرطيسية نفسها، إلخ، مع أن هذه النظريات حول تعدد الأكوان يمكن أن تؤمِّن اختيار *القوانين*. صحيح أن التمييز بين سمات الطبيعة التي تدين بوجودها إلى قانون حقيقي مستبطن، وتلك التي يمكن أن تعزى إلى اختيار الحالة، ليس واضحاً دائماً. وكما رأينا، إن بارامترات معينة، كبعض الكتل الجسيمية، التي ثُبِّتت سابقاً في النظرية كجزء من القوانين الافتراضية للفيزياء، تُنسَب اليوم إلى حالات بواسطة آلية هيغز. ولكن هذه الآلية يمكنها أن تعمل فقط في نظرية مزودة بمجموعتها الخاصة من القوانين، وسوف تحتوي هذه على سمات إضافية تحتاج إلى تفسير. علاوة على ذلك، ومع أن التموجات الكمومية يمكن أن تدفع آلية هيغز إلى العمل على نحو مختلف في أكوان مختلفة، فإنه من غير الواضح في النظريات التي توضع اليوم أنه يمكن الحصول على كل القيم الممكنة للكتل الجسيمية، ومقاومات القوى، إلخ. وعلى الأغلب، تنتج آلية هيغز والأدوات المماثلة التي تدعى أدوات "كسر التماثل" مجموعة من البدائل المنفصلة– متناهية، في الواقع.

ولهذا السبب، لا يمكن، كما رأى بعض الفيزيائيين، تفسير *امتثالية الطبيعة للقوانين* بهذه الطريقة. ولكن، ألا يمكن توسيع فكرة الأكوان المتعددة

بحيث تشمل قوانين مختلفة أيضاً؟ ليس هناك اعتراض منطقي على هذا، على الرغم من عدم وجود تبرير علمي له أيضاً. ولكن، لنفترض أن أحدهم يميل إلى وجود ركام أكبر أيضاً من الحقائق البديلة تغيب عنها فكرة قانون، أو نظام، أو تناسق. هنا يسود الشواش تماماً. ويكون سلوك هذه العوالم عشوائياً كلياً. والواقع أنه، كما يمكن لقرد يعبث بآلة كاتبة أن يكتب في النهاية اسم شكسبير، كذلك ستكون في مكان ما بين ذلك الركام الواسع من الحقائق عوالم منظمة جزئياً، فقط عن طريق الصدفة. وعندئذٍ، يقودنا التفكير الإنساني إلى استنتاج أن أي مراقب مفترض سوف يلاحظ عالماً منظماً، نادراً إلى حد كبير على الرغم من أن عالماً كهذا قد يكون قريباً لمنافسيه الشواشيين. فهل توصلنا بهذا إلى تفسير لعالمنا؟

من الواضح أن الجواب هو لا. وأجدد القول إن الحجج الإنسانية تعمل فقط لصالح مظاهر الطبيعة التي هي حاسمة للحياة. وإذا كان هناك تمرد مطلق على القانون، فإن العدد الهائل من العوالم المسكونة المختارة عشوائياً فقط سيُنَظَّم بطرق أساسية لبقاء الحياة. فمثلاً، ليس هناك من سبب لضرورة بقاء شحنة الإلكترون ثابتة بشكل مطلق، وإلا لماذا تحمل الإلكترونات، على اختلافها، الشحنة نفسها تماماً. والتقلبات الثانوية في قيمة الشحنة الكهربائية لا تهدد الحياة. ولكن، ما الشيء الآخر الذي يحافظ على ثبات القيمة- والثابتة بمثل هذه الدقة- لو لم يكن قانوناً فيزيائياً؟ ربما يمكن للمرء أن يتخيل مجموعة من الأكوان ذات قوانين منتقاة، بحيث يتشكل كل كون مع مجموعة كاملة وثابتة من القوانين. وعندئذٍ ربما يمكن أن نستخدم التفكير الإنساني لتفسير لماذا تكون، على الأقل، بعض القوانين التي نلاحظها على ماهي عليه. ولكن هذه النظرية لا بد أن تبقى بحاجة ضمنية إلى مفهوم القانون، ويمكن لأحدنا أن يتساءل من أين تأتي تلك القوانين، وكيف "تربط" نفسها إلى الأكوان بطريقة "أبدية."

توصلت إلى استنتاج يفيد أنه يمكن لنظرية تعدد الأكوان، في أحسن الأحوال، أن تفسر فقط مدىً محدوداً من السمات، وفوق ذلك لو يضيف المرء إليها فقط بعض الافتراضات الميتافيزيقية التي لاتقل إتقاناً عن التصميم، كما يبدو. وفي النهاية، تجبرني قاعدة أوكهام على المراهنة على التصميم، ولكن القرار، كما هي الحال دائماً مع مسائل الميتافيزيقا، مسألة ذوق أكثر منه اجتهاداً علمياً. مع ذلك، يجدر بنا أن نذكر أن اعتقادنا بوجود مجموعة من الأكوان وإله مصمم اعتقاد منسجم تماماً. وفي الواقع، ما تزال نظريات مجموعة العوالم المقبولة، كما ناقشت، بحاجة إلى درجة من التفسير، كالصفة الشبيهة بالقانون للأكوان، وفي المقام الأول، لماذا توجد مجموعة أكوان. وينبغي أيضاً أن أذكر تلك الدراسات التي ابتدأت بملاحظات كون واحد فقط واستمرت تضع استنتاجات حول لا احتمالية هذه السمة أو تلك، وتطرح بعض المسائل العويصة فيما يتعلق بطبيعة نظرية الاحتمالات. وأظن أن معالجة جون ليزلي انصبت بشكل مرضٍ على هذه المسائل، ولكن بعض المعلقين يزعمون أن محاولات الرجوع بالجدل إلى الوراء "بعد الحادث" تنطوي على مغالطة- الحادث هنا هو وجودنا الخاص.

الداروينية الكوزمولوجية

اقترح لِي سمولين مؤخراً إجراء تعديل مهم على نظرية تعدد الأكوان، تعديل يتفادى بعض الاعتراضات على المخططات الأخرى لتعدد الأكوان، وذلك عن طريق تأمين رابطة غريبة بين حاجات المتعضيات الحية وتعددية الأكوان الكثيرة. وكنت بيَّنت في الفصل الثاني كيف تقترح استقصاءات الكوزمولوجيا الكمومية أنه يمكن أن تنشأ "أكوان أطفال" بصورة عفوية نتيجة للتقلبات الكمومية، وأنه يمكن لأحدنا أن يتخيل " كوناً أماً" يمكنه أن ينجب ذرية بهذه الطريقة. والظرف الذي يمكن أن تتولد في ظله أكوان جديدة هو تشكّل ثقب

أسود. ووفقاً للنظرية الكلاسيكية (ما قبل الكمومية) للجاذبية، فإن ثقباً أسود يحجب مفردية يمكن اعتبارها نوعاً من حافة الزمان المكاني. أما في النسخة الكمومية، فتكون المفردية مشتتة إلى حد ما. ونحن لا نعرف كيف حدث هذا، ولكن يمكن أن يكون ذلك الحد الواضح للزمان المكاني قد استبدل بنوع من نفق أو حلقوم أو حبل سرّي يربط كوننا بكون جديد طفل. وكما بينت في الفصل الثاني، فإن التأثيرات الكمومية تسبب، في النهاية، تبخر الثقب الأسود، فينقطع الحبل السري، وينطلق الكون الطفل إلى سيرة مستقلة.

يتمثل تهذيب سمولين لهذا التخمين في أن الظروف الشديدة قرب المفردية سوف تؤثر عن طريق إحداث متغيرات عشوائية بسيطة في قوانين الفيزياء. ويمكن لقيم بعض الثوابت في الطبيعة، بوجه خاص، ككتل الجسيمات وشحناتها وغيرها، أن تختلف قليلاً في الأكوان البنات عما كانت عليه لدى أمها. وعندئذٍ يمكن للكون البنت أن يتطور على نحو مختلف قليلاً. وعلى فرض وجود ما يكفي من الأجيال، فإن متغيرات واسعة سوف تحدث بين الأكوان الكثيرة. ولكن من المحتمل ألا تطور الأكوانُ المختلفة بصورة أساسية عن كوننا نجوماً كنجومنا (يجب أن نتذكر أن الظروف اللازمة لتشكُّل النجوم هي ظروف خاصة إلى حد ما). وبما أن الثقوب السوداء أكثر ميلاً إلى التشكل من نجوم ميتة، فإن هذه الأكوان لن تنتج الكثير من تلك الثقوب، وبالتالي، فإنها لن تولِّد الكثير من الأكوان الأطفال. وعلى العكس، إن تلك الأكوان ذات البارامترات الفيزيائية المتكيفة تماماً لتشكيل نجوم كثيرة ستشكل أيضاً كثيراً من الثقوب السوداء، ومن ثم، كثيراً من الأكوان الأطفال التي تحمل قيماً مماثلة لهذه البارامترات. ويعمل هذا الاختلاف في الخصوبة الكونية كنموذج لتأثير الاصطفاء الدارويني. ومع أن الأكوان لا تتنافس في الواقع، إلا أن هناك أكواناً "ناجحة" وأكواناً "أقل نجاحاً" حيث ستكون نسبة

الأكوان "الناجحة"- في هذه الحالة، الصانعة الفعالة للنجوم-هي الأكبر تقريباً في إجمالي التجمع. وبعدئذٍ يتابع سمولين ليبيِّن أن وجود نجوم هو أيضاً شرط أساسي لتكوين الحياة. وهكذا، فإن الشروط *نفسها* التي تشجع الحياة تشجع أيضاً ولادة أكوان أخرى تعطي الحياة. والحياة، في مخطط سمولين، ليست ندرة شديدة كما هي حالها في النظريات الأخرى حول تعدد الأكوان. وبدلاً من ذلك، فإن الأكثرية الساحقة من الأكوان صالحة للحياة.

وعلى الرغم من إغرائها، فإنه من غير الواضح ما إذا كانت نظرية سمولين تحقق أي تقدم في تفسير خصوصية الكون. والرابطة بين الاصطفاء البيولوجي والكوزمولوجي سمة جذابة، ولكن قد نواصل التساؤل لماذا كانت قوانين الطبيعة على هذا النحو الذي تظهر معه هـذه الرابطة. ومـن حسن الحظ أن تكون شروط الحياة ملائمة لشروط الحياة في الأكوان الأطفال. علاوة على ذلك، فإننا نبقى بحاجة إلى البنية الأساسية نفسها للقوانين في كل هذه الأكوان لكي نفهم النظرية. وإن هذه البنية الأساسية التي تتيح أيضاً تكوين الحياة تبقى حقيقة مهمة.



الفصل التاسع

الســر عنـد نهايـة الكـون

"يهيمن على تفكيري باستمرار ذلك الموقف الغريب للعلماء، فعلى الرغم من مطالبتهم بتحاشي الدين، فإنه يستحوذ على تفكيرهم أكثر مما يستحوذ على تفكير رجال الأكليروس.

فرِدْ هويلِه

يسعى هذا الكتاب، في جوهره، إلى اقتفاء أثر منطق المعقولية العلمية رجوعاً إلى أعماق الماضي بحثاً عن أجوبة نهائية لسر الوجود. وفكرة احتمال وجود تفسير كامل لكل شيء–حيث يشكل الوجود الفيزيائي والميتافيزيقي نظاماً توضيحياً مغلقاً– فكرة جذابة. ولكن ما الثقة التي نحملها في ألا يكون هدف هذا البحث مجرد وهم؟

قدرة السلاحف

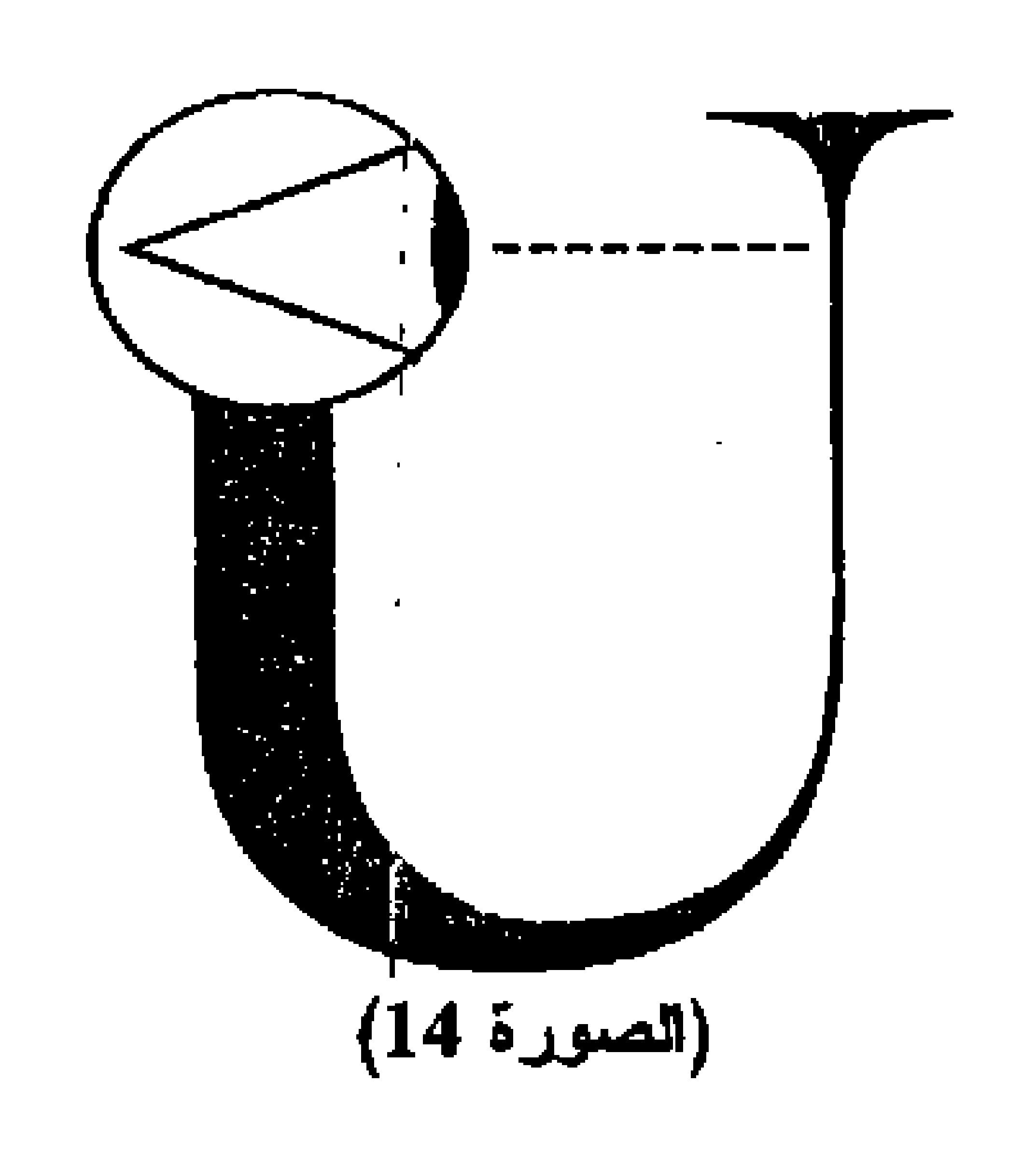
يستهل ستيفن هوكنغ كتابه الشهير *تاريخ موجز للزمن* بسرد قصة امرأة تقاطع محاضراً حول الكون لتعلن أنها تعرف أفضل مما يعرف. وحدث أن عرضت عالماً كان، في الواقع، طبقاً مسطحاً يرتكز على ظهر سلحفاة عملاقة. وعندما ســألها المحاضر عن الشيء الذي ترتكز عليه الســلحفاة، أجابت، "إنها السلاحف على امتداد المسافة نزولاً!"

ترمز القصة إلى مشكلة جوهرية تواجه كل من يبحث عن أجوبة نهائية لسر الوجود الفيزيائي. نحب أن نفسر العالم بلغة شيء ما أساسي أكثر، ربما مجموعة مـــن الأســباب، ترتكز بدورها على بعض القوانين أو المبادىء الفيزيائية، ولكن، حتى آنئذٍ، فإننا نبحث عن تفسير ما لهذا المستوى الأساسي أكثر أيضاً، وهلمجرا. أين يمكن أن تنتهي سلسلة التفكير هذه؟ يصعب أن تكون مقنعة بنكوص لا نهائي. " ليس هناك برج من السلاحف!" يعلن جون ويلر. "لا بنيان، لا خطة تنظيم، لاإطار أفكار يستبطنه بنيان أو مستوى آخر للأفكار، وهذا بدوره يستبطنه أيضا مستوىً آخر، وآخر أيضاً، *إلى ما لا نهاية*، نزولا إلى ظلمة لا قرار لها."

ماالبديل؟ هل هناك "سلحفـــاة فائقة" تقف عند قاعدة البرج، هي نفسها دون سند؟ هل يمكن لهذه السلحفاة الفائقة أن "تسند نفسها" بطريقة ما؟ لهذا الاعتقاد تاريخ طويل. فقد رأينا كيف جادل الفيلسوف سبينوزا في أن العالم ما كان يمكن أن يكون على خلاف ما هو عليه، أي إنه لم يكن للإله من خيار. فكون سبينوزا مُدَعَّم بسلحفاة فائقة لضرورة منطقية صرف. حتى أولئك الذين يؤمنون باحتمالية العالم يلجؤون غالباً إلى التفكير نفسه، عن طريق الاحتجاج بأن العالم يفسره الله، وأن الله ضروري منطقياً. وقد استعرضت في الفصل السابع المشكلات التي ترافق هذه المحاولات لتفســير المشــروط بلغة الضرورة. والمشكلات ليست أقل صرامة بالنسبة لأولئك الذين يريدون إلغاء الإله ويجادلون في سبيل نظرية شمولية ستفســر الكون وستكون أيضاً فريدة على أســاس الضرورة المنطقية.

يمكن أن يبــدو وكأن البدائل الوحيدة هــي برج لا نهائي مـــن السلاحف أو وجود سلحفاة فائقة نهائية، تفسيرها كامن فيها. ولكن هناك

إمكانية ثالثة: أنشوطة مغلقة. وهناك كتاب صغير ممتع يدعى *الحلقات المفرغة واللانهاية* يُظهِر صورة فوتوغرافية لحلقة من الناس (لا السلاحف) يجلس كل منهم في حضن الشخص الذي خلفه، ويسند، على التعاقب، الشخص الذي أمامه. ترمز هذه الأنشوطة المغلقة للمساندة المتبادلة إلى مفهوم جون ويلر للكون. " الفيزياء تنتج مشاركة الملاحظين؛ ومشاركة الملاحظين تنتج المعلومات؛ والمعلومات تنتج الفيزياء." يتجذر هذا العرض الملغز إلى حد ما في أفكار الفيزياء الكمومية، حيث يتواشج الراصد والعالَم المرصود بقوة: وبالتالي، "مشاركة الملاحظين." تفسير ويلر للميكانيكا الكمومية هو أن الواقع الفيزيائي للعالم يتحقق فقط من خلال إجراءات الملاحظة؛ مع ذلك، إن هذا العالم الفيزيائي نفسه يكوّن المراقبين المسؤولين عن جعل وجوده محسوساً. علاوة على ذلك، تمتد هذه المحسوسية حتى إلى قوانين الفيزياء نفسها، لأن ويلر رفض تماماً فكرة القوانين الأبدية: "ما كان يمكن لقوانين الفيزياء أن توجد من أبدية إلى أبدية. ولا بد من أن تكون أتت إلى الوجود في الانفجار الكبير." وبالتالي، يفضل ويلر صورة "دائرة ذاتية الاستثارة،" يعيد فيها الكون الفيزيائي نفسه إلى الوجود، أي القوانين وكل شيء، على قوانين سرمدية خارقة تأتي بالكون إلى الوجود. وتُظهِر الصورة رقم 14 رمز ويلر الخاص لهذا الكون التشاركي المغلق الأنشوطة. هذه الأنظمة الأنشوطية أنيقة، ولكنها، مع ذلك، تبقى قاصرة عن تقديم تفسير كامل للأشياء، لأن أحدنا لن يكف عن السؤال "لماذا تلك الأنشوطة؟" أو حتى "ما السبب في وجود أية أنشوطة؟" وحتى أنشوطة مغلقة لسلاحف التساند المتبادل تشجع على طرح السؤال "لماذا السلاحف؟"



(الصورة 14)

تمثيل رمزي لـ "الكون التشاركي" عند جون ويلر. يمثل الحرف U الكبير "الكون"، والعين تمثل الراصدين الذين ينشؤون في مرحلة ما، وبعدئذ تنظر إلى الوراء إلى ناحية المنشأ.

تقوم التسويات الثلاث السابقة كلها على أساس افتراض العقلانية الإنسانية: من المشروع أن نبحث عن "تفسيرات" للأشياء، وأننا حقاً نفهم شيئاً ما فقط عندما يتم "توضيحه." مع ذلك، يجب الاعتراف بأن مفهومنا للتفسير المعقول ربما نستمده من ملاحظاتنا للعالم وإرثنا التطوري. هل أكيد أن هذا يؤمّن دليلاً مناسباً عندما نتورط بأسئلة نهائية؟ ألا يحتمل ألاّ يكون هناك تفسير بالمعنى العادي للوجود؟ ولكن هذا لا يعني أن الكون سخيف أو لا معنى له، وكل مافي الأمر أن فهم وجوده وخواصه يقع خارج المقولات العادية للتفكير الإنساني. وكنا رأينا كيف أن استخدام التفكير الإنساني في أقصى معانيه دقة ومنهجية- في الرياضيات- يكون، مع ذلك، مفعماً بالتناقض والريبة. تحذرنا نظرية غوديل من أن الطريقة البديهية لوضع استنتاجات منطقية من افتراضات معلومة لا يمكن أن تؤمن عموماً نظاماً كاملاً ومنسجماً على نحو يمكن إثباته. وستكون هناك دائماً حقيقة أبعد، حقيقة لا يمكن الوصول إليها من مجموعة محدودة من البديهيات. والبحث عن مخطط منطقي مغلق يؤمّن تفسيراً كاملاً

ومتساوقاً لكل شيء محكوم عليه بالفشل. وكعدد تشيتن القبلاني، يمكن لشيء كهذا أن يوجد "هناك" نظرياً -في الواقع، يمكن أن يكون وجوده معروفاً لدينا، وقد يكون مطلوباً منا أن نعرف نتفاً منه- ولكن لا يمكننا أن نعرف شكله الكامل على أساس التفكير المنطقي.

يبدو لي أنه، ما دمنا نلح على تطابق "فهم" النوع المألوف في العلم مع "تفسير معقول" له، فإننا سوف ننتهي، حتماً، إلى مشكلة السلاحف: إما نكوص غير محدود، أو سلحفاة فائقة ملغزة تفسر نفسها بنفسها، أو حلقة غير مفسرة من السلاحف. وسيكون هناك دائماً سر عند نهاية الكون. ولكن، قد يكون هناك أشكال أخرى للفهم الذي سيرضي العقل الباحث. فهل يمكننا أن نفهم الكون دون مشكلة السلاحف؟ وهل هناك سبيل لمعرفة- "معرفة نهائية" حتى- ذاك الذي يقع خارج طريق البحث العلمي المعقول والمحاكمة العقلية المنطقية؟ ويجيب الكثيرون بنعم. تلك السبيل هي التصوف.

المعرفة الصوفية

يشك معظم العلماء بعمق بالصوفية. وليس في هذا ما يبعث على الدهشة، لأن التفكير الصوفي يقع في الجهة المعاكسة للتفكير المنطقي، الذي هو أساس الطريقة العلمية. وهناك من يخلط أيضاً بين الصوفية وبين الغامض، والخارق، والمعتقدات الأخرى المتطرفة. وبالمقابل، هناك مفكرون معروفون عالمياً اعتنقوا الصوفية، ومن بينهم علماء بارزون من أمثال آينشتاين، وبولي، وشرودنجر، وهايسنبرغ، وإدنغتون، وجينز. وأشعر أنه يجب متابعة الطريقة العلمية إلى أبعد حد ممكن. والصوفية ليست بديلاً للبحث العلمي والمحاكمة العقلية المنطقية طالما كان بالإمكان

استخدام هذه المقاربة بثبات. فقد يخذلنا العلم والمنطق فقط عند معالجة الأسئلة النهائية. لا أقول إن العلم والمنطق من المحتمل أن يقدما لنا أجوبة خاطئة، ولكن قد يكونا عاجزين عن الإجابة على أسئلة نريد طرحها من نوع أسئلة "لماذا" (مقابل أسئلة "كيف").

كثيراً ما يستخدم التعبير "تجربة باطنية" من قبل الناس المتدينين، أو الذين يمارسون التأمل. ويقال إن هذه التجارب، التي لا يشك بواقعيتها من يمارسها، صعب نقلها في كلمات. ويتحدث الصوفيون تكرراً عن إحساس غامر ينجم عن اتحادهم بالكون أو مع الإله، أو عن الكشف الكلي للحقيقة، أو عن كونهم في حضرة تأثير مقتدر ومحب. وأهم من ذلك ادعاء الصوفيين بأنه يمكنهم أن يدركوا *الحقيقة النهائية* في تجربة واحدة، على عكس التتابع الاستنتاجي الطويل والمتعرج (الذي يتلاشى في مشكلة السلاحف) للطريقة العلمية المنطقية في البحث. وتتضمن الطريقة الصوفية أحياناً، كما يبدو، أكثر بقليل من إحساس داخلي بالسلام-"هدوء رحيم ممتع يقع وراء نطاق نشاط العقول المشغولة،" هذه طريقة زميل لي عالم في الفيزياء كان قد وصفها لي مرة. وتحدث آينشتاين عن "شعور ديني كوني" أوحى أفكاره حول نظام الطبيعة وانسجامها. يعتقد بعض العلماء، ومن بينهم عالما الفيزياء الأكثر شهرة بريان جوزيفسون وديفيد بوم، أن التبصر الصوفي المنتظم الذي يتحقق بالتمارين التأملية الهادئة يمكن أن يكون دليلاً مفيداً في تكوين النظريات العلمية.

تبدو التجارب الصوفية، في حالات أخرى، مباشرة وإلهامية أكثر. يكتب راسل شتينَرد حول الانطباع الذي يتكون نتيجة لمواجهة قوة ما طاغية، الانطباع حول "طبيعة تستحق الاحترام والرهبة. ...

هنـــاك معنى الإلحـــاح حولهـــا؛ القدرة بركانية، مكظومة، جاهـــزة للانطلاق." ويصف الكاتب العلمي ديفيد بِتّ " شعوراً ملحوظاً للشدة يغمر، كما يبدو، كامل العالم من حولنا بقصد. ... ونشعر أننا على تماس بشـــيء ما كونيَ وربما خالد، بحيث تتخذ اللحظة الخاصـــة في الزمـــن صفة روحية وتتوســـع، كما يبدو، في الزمن دون حد. ونشعر أن كل الحدود بين أنفسنا والعالم الخارجي تزول تدريجياً، لأن ما نمارسه يقع وراء نطاق كل المقولات وكل المحاولات لاســتيعابه في التفكير المنطقي."

تعكس اللغة المستخدمة لوصف هذه التجارب عادة ثقافة الشخص المعني. فالصوفيون الغربيون يميلون إلى التشديد على الصفة الشخصية لحضور ما، فيصفون أنفسهم غالباً وكأنهم مع أحد ما، الله عادة، الذي يختلف عن ذواتهم ولكنهم يشـــعرون برباط عميق يربطهم به. وهناك، طبعاً، تقليد طويل لهـــذه التجارب الدينية في الكنيســـة المســـيحية وبين الديانات الأخرى الغربية. ويشدد الصوفيون الشرقيون على كمال الوجود ويميلون إلى اعتبار أنفسهم أكثر قرباً إليه. ويصف الكاتب كين ويلبر التجربة الصوفية الشرقية بلغة غامضة إلى حد مميز:

يتم، في الوعي الصوفي، إدراك الحقيقة مباشرة وفوراً، يعني دون أي توسط، أو أي تعقيد رمزي، أو أي تصور، أو أي تجريد؛ ويصبح الذات والموضوع واحداً في عمل سرمدي لا محدود يتجاوز نطاق أي شكل من أشكال التوسط. يتحدث الصوفيون عموماً عن الاتصال بالحقيقة في "مثليتها،" و "كينونتها،" و "ذاتيتها،" دون أي وسيط؛ إلى ماوراء الكلمات، والرموز، والأسماء، والأفكار، والصور.

جوهر التجربة الصوفية إذاً نموذج لطريق مختصرة إلى الحقيقة، أي اتصـــال مباشــر ودون واســطة مع حقيقة نهائية مدركة، كما يقول رودي روكر:

التعليم المركزي في الصوفية هو: *الحقيقة واحدة*. وتتوقف ممارســة الصوفية على اكتشـاف طـرق إلى تجربة هـذه الوحدة مباشرة. وقد أطلقت على الواحد تسـميات مختلفة: الخير، أو الإله، أو الكـون، أو العقـل، أو الفراغ، أو (ربما على نحو حيادي أكثر) المطلق. وما مـن باب في قلعة العلم المتاهية ينفتح مباشـرة على المطلق. ولكن إذا فهم أحدنا شبكة الممرات بشكل كاف، فإنه يمكن أن يثب إلى خارج النظام ويجرب المطلق لذاته. ... ولكـن، في النهاية، يتم بلوغ المعرفة الصوفية فجأة أو لا يبلغ شـيء إطلاقاً. فليس هناك سبيل متدرجة.

وصفت في الفصل السادس كيف أن العلماء وعلماء الرياضيات يتحدثون حول تبصر إلهامي يأتيهم على نحو مفاجيء قريب إلى هذه التجارب الصوفية. فروجر بنروز يصف الإلهام الرياضي بأنه "اختراق" مفاجيء إلى المملكة الأفلاطونية. ويذكر روكر أن كورت غوديل تحدث أيضاً عن "اتصال آخر بالحقيقة،" استطاع، عن طريقه، أن يدرك مباشرة المواضيع الرياضية، كاللانهاية. وكان غوديل نفسـه، كما يبدو، قادراً على بلوغ هذا عن طريق اختيار ممارسات تأملية، كما في سدّ الحواس الأخرى والاستلقاء في مكان هادىء. وتحدث التجربة الإلهامية عند علماء آخرين بصورة عفوية، في خضم الصخب اليومي. ويروي فردّ هويله حادثة من هذا النوع حدثت له بينما كان يقود سيارته عبر شمال

انكلترة. "كما ظهر الوحي لبولس على طريق دمشق، ظهر وحيي على طريق بُوويس مور." كان هويله ومساعده جيَانت نَرليكر، في أواخر الستينات، يعملان بالنظرية الكوزمولوجية للكهرطيسية تضمنت شيئاً من الرياضيات الصعبة. وفي أحد الأيام، وبينما هما يتقدمان بصعوبة في حساب تكامل معقد، على نحو خاص، قرر هويله أن يأخذ عطلة من كامبريدج لينضم إلى بعض زملائه الذين يقومون بنزهة طويلة سيراً في هضاب اسكتلندا.

كنت، ونحن نطوي الأميال، أقلّب مشكلة الميكانيكا الكمومية ... في عقلي، بالطريقة الضبابية التي كنت أتبعها عادة عند التفكير بالرياضيات. وبصورة طبيعية، كان علي أن أسجل بعض الأشياء على ورقة، وأعبث بعد ذلك بالمعادلات وحسابات التكامل بقدر ما أستطيع. ولكن، في مكان ما على طريق بُوويس مور توضح إدراكي للرياضيات، ليس قليلاً، ولا كثيراً أيضاً، بل كما لو أن نوراً ساطعاً هائلاً قد أنير فجأة. فكم من الوقت استمر ذلك النور لتكوين قناعة تامة بأن المشكلة قد حُلّت؟ أقل من خمس ثوان. ولم يبق علي سوى أن أتأكد، قبل أن يتلاشى الوضوح، من أنني قد اختزنت، بشكل آمن، ما يكفي من الخطوات الضرورية في ذاكرتي التي يمكن استحضارها. إنه مقياس دليلي لليقين الذي شعرت به حتى أنني لم أزعج نفسي في الأيام التالية بتسجيل أي شيء على الورق. وعندما عدت إلى كامبريدج بعد عشرة أيام أو حولها، وجدت سهولة في تدوين المسألة دون صعوبة.

ويذكر هويله أيضاً حديثاً حول موضوع الوحي مع ريتشارد فينمان:

حصلت قبل سنوات على وصف مكتوب من ديك فينمان حول كيف تكون لحظة الوحي، وما يتبعها من إحساس هائل بالشَّمَق(*)، ربما يستغرق يومين أو ثلاثة. وسألت عن مدى تكرار تلك اللحظة، ويجيب فينمان 'أربعة'، واتفقت معه على أن اثني عشر يوماً من الشمق لا تعتبر مكافأة كبيرة بالنسبة للعمل على مدى الحياة.

فضلت أن أسرد تجربة هويله هنا لا في الفصل السادس لأنه هو نفسه يعتبرها حادثة دينية (نقيض الحادثة الأفلاطونية). فهو يعتقد أن نظام الكون يحكمه "ذكاء فائق" يقود تطوره بواسطة العمليات الكمومية، وهي فكرة ذكرتها باختصار في الفصل السابع. علاوة على ذلك، إن إله هويله إله غائي (يشبه إلى حد ما إله أرسطو أو تايلهارد دو تشاردن) الذي يوجه العالم نحو حالة نهائية في المستقبل اللامتناهي. ويعتقد هويله أنه عن طريق العمل عند المستوى الكمومي يمكن غرس الأفكار أو الخطط عن المستقبل، جاهزة، إلى دماغ الإنسان. ويرى أن هذا هو منشأ الإلهام الرياضي والموسيقي.

الــلا متناهي

في بحثنا عن أجوبة نهائية يصعب ألا نُستدرَج، بطريقة أو أخرى، إلى اللا متناهي. وسواء كان اللا متناهي برجاً من السلاحف، أو عدداً من عوالم متشابهة، أو مجموعة من النظريات الرياضية، أو خالقاً، فإن الوجود الفيزيائي لا يمكن بالتأكيد أن يتجذر في أي شيء متناه. في الديانات الغربية تقليد قديم يصف الإله باللامتناهي، في حين تسعى الفلسفة الشرقية إلى التخلص من الاختلافات بين الواحد والمتعدد، وتطابق الفراغ واللامتناهي- الصفر واللانهاية.

(*) شعور بالنشاط والخفة. المترجم.

عندما أعلن المفكرون المســيحيون الأوائل، كأفلوطين(*)، أن الإله لا متناه، فإنهم كانوا، بالدرجة الأولى، يهتمون بإثبات أنه غير محدود بأية طريقة. وكان المفهوم الرياضي للانهاية، فـــي ذلك الوقت، ما يزال غامضاً تقريباً. وكانوا يظنون عموماً أن اللانهاية هي حد قد يتقدم العد نحوها، ولكن لا يمكن بلوغها في الحقيقة. حتى الأكويني، الذي سلَّم بالطبيعة اللا متناهية للإله، لم يكن مستعداً للقبول بأن اللا نهائية تنطوي على أكثر من إمكانية، مقارنة بوجود واقعي. وكان يؤكد أن إلهاً كلي القدرة "لا يمكن أن يخلق شيئاً غير محدود مئة بالمئة."

استمر الاعتقاد بأن اللا نهاية متناقضة ظاهرياً ومناقضة لذاتها حتى القرن التاسع عشر. في هذه المرحلة، نجح عالم الرياضيات جورج كانتر أخيراً، أثناء بحثه لمشكلات علم المثلثات، في تقديم دليل منطقي بالغ الدقة للانسجام الذاتي لما هو لا متناه حقاً. واجه كانتر ظروفاً صعبة مع أنداده، ونبذه بعض الرياضيين البارزين على اعتباره مجنوناً. وكان، في الواقع، يعاني من اعتلال عقلي. ولكن تم القبول في النهاية بقواعد المعالجة المنسجمة للأعداد اللا نهائية، على الرغم من أنها غريبة غالباً ومضادة للحدس. لقد قام الجزء الأكبر من الرياضيات في القرن العشرين فعلاً على أساس مفهوم اللا متناهي (أو اللا متناهي الصغر).

إذا أمكن فهم اللانهائية ومعالجتها باستخدام تفكير معقول، فهل يفتح هذا الطريق إلى فهم التفسير النهائي للأشياء دون حاجة إلى الصوفية؟ لا، لا يمكن. ولكي نعرف السبب، يجب أن نلقي نظرة أكثر قرباً على مفهوم اللا نهاية.

(*) (حوالي 205–270 م)، فيلسوف روماني من أبرز ممثلي الأفلاطونية المحدثة. المترجم.

واحدة من المفاجــآت في بحث كانتور هو أنه لا يقول فقط بوجود لا نهاية واحدة ولكن بتعدديتها. فعلى سبيل المثال، كلتا المجموعتين: مجموعة الأعداد الصحيحة كلها ومجموعة الكسور كلها مجموعتان لا نهائيتان. يشعر المرء، عن طريق الحدس، أن الكسور أكثر من الأعداد الصحيحة، ولكن الأمر ليس كذلك. ومن جهة أخرى، إن مجموعة الكسور العشرية كلها أكبر من مجموعة الكسور كلها أو كل الأعداد الصحيحة. ويمكن للمرء أن يسأل: هل هناك لا نهاية "أكبر"؟ حسناً، وماذا عن توحيد كل المجموعات اللا نهائية مع بعضها بعضاً إلى مجموعة فائقة واحدة؟ لقد دعي صنف المجموعات الممكنة كلها بــ مطلق كانتر. هناك عقبة واحدة. هذا الكيان بحد ذاته ليس مجموعة، لأنه لو كان كذلك، لوجب، بالتعريف، أن يتضمن نفسه. ولكن مجموعات المرجعية الذاتية تقع مباشرة في تناقض راسل.

ومن جديد، نواجه هنا الحدود الغوديليانية للتفكير المنطقي- السر يكمن في نهاية الكون. نحن لا نعرف المطلق عند كانتر، أو أي مطلق آخر، بالمعنى المنطقي، لأن أي مطلق، لكونه وحدة وبالتالي كاملاً بذاته، يجب أن يتضمن نفسه. وكما يقول روكر حول المشهد العقلي- فئة مجموعات الأفكار كافة-"إذا كان المشهد العقلي واحداً، عندئذٍ يكون جزءاً من ذاته، وبالتالي يمكن معرفته فقط عن طريق ومضة من الرؤية الصوفية. وما من فكرة عقلانية تكون جزءاً من ذاتها، وبالتالي، لا يمكن لفكرة عقلانية أن تربط المشهد العقلي إلى واحد."

ما الإنسان؟

"لا أشعر أنني كغريب في هذا الكون."

فريمان دايسون

هل يعني الاعتراف الصريح باليأس الذي أتينا على دراسته في المقطع السابق أن كل التفكير الميتافيزيقي عديم القيمة؟ وهل يجب علينا أن نتبنى مقاربة الملحد البراغماتي الذي يكتفي بقبول الكون كما

هو، ويمضي في فهرسة خصائصه؟ لا شك في أن كثيراً من العلماء يعارضون مزاجياً أي صيغة من صيغ الحجج الميتافيزيقية، فما بالك بالحجج الصوفية. إنهم يستخفون بفكرة إمكانية وجود إله، أو حتى بفكرة وجود مبدأ مبدع مجهول أو أساس لكينونة تعزز الواقع وتضفي عليه مظاهر محتملة أقل اعتباطية بكل ما في هذه العبارة من معنى. أما أنا فإنني لا أشاركهم هذه الاستخفاف. ومع أن كثيراً من النظريات الميتافيزيقية والتوحيدية تبدو مبتدعة أو صبيانية، فمن الواضح أنها ليست أكثر سخفاً من الاعتقاد بأن الكون موجود، وموجود بالشكل الذي هو عليه، دون سبب. ويبدو جديراً، على الأقل، أن نحاول وضع نظرية ميتافيزيقية تخفف شيئاً من اعتباطية العالم. ولكن، في النهاية، من المســتحيل تقريباً إيجاد تفســير منطقي للعالم بمعنى نظام كامل مغلق للحقائق المنطقية. وهناك حواجز تمنعنا من تحصيل المعرفة النهائية، أي من التفسير النهائي، عن طريق القواعد نفسها للتفكير التي تدفعنا إلى البحث عن تفسير كهذا في المقام الأول. وإذا أردنا التقدم إلى أبعد من ذلك، فعلينا أن نتقبل مفهوماً لــ "الفهم" يختلف عن مفهوم التفسير المنطقي. ربما تكون الطريقة الصوفية هي وسيلة لطريقة هذا الفهم. ومن ناحيتي، ليست لي أية تجربة صوفية، ولكنني منفتح العقل حول أهمية هذه التجارب. وربما يمكنها أن تؤمّن لنا الطريق الوحيد إلى ما بعد الحدود التي يمكن أن يقودنا إليها العلم والفلسفة، وهي الطريقة الوحيدة إلى النهائي.

الموضوع الرئيس الذي استكشفته في هذا الكتاب هو أنه، من خلال العلم، يمكننا نحن البشر أن نفهم، على الأقل، بعضاً من أسرار الطبيعة. لقد قمنا بحل جزء من رموز الشيفرة الكونية. لماذا كان علينا أن نقــوم بذلك، أي لمــاذا توجب علــى الجنــس البشــري أن يحمل ومضة العقلانية التي تؤمّن مفتاح الكــون. نحن، أطفال الكون- الغبار

النجمي الحي- يمكننا، علـــى الرغـــم مـــن ذلك، أن نفكر حول طبيعة ذلك الكون نفسه، حتى إلى مدى لمح القوانين التي يعمل بموجبها. أما كيف ارتبطنا إلى البعد الكوني، فما يزال ســـراً. ومع ذلك، لا يمكن إنكار هذه الرابطة.

ما معنى هذا؟ ما الإنسان الذي قد نكون شركاء له في هذا الامتياز؟ لا أظن أن تجربتنا في هذا العالم هي مجرد نكتة القدر، حادث طارىء في التاريخ، صورة عرضية على شاشة في المسرحية الكونية الكبيرة. ومشاركتنا صميمية أيضاً. *إنسان* النوع الفيزيائي قد لا يساوي شيئاً، ولكن وجود عقل في متعضٍ ما على كوكب مـــا في الكون هو، دون ريب، حقيقة ذات مغزى جوهري. فمن خلال الكائنات الواعية ولَّد الكون وعياً ذاتياً. ولا يمكن أن يكون هذا تفصيلاً تافهاً، ولا ناتجاً ثانوياً ضئيلاً لقوى غبية، وعبثية.



فهرس

الصفحة

الفصل الثالث

الفصل الرابع

الفصل الخامس

الفصل السادس

الفصل السابع

الفصل الثامن

الفصل التاسع



الطبعة الأولى / 2008

عدد الطبع 1000 نسخة



٢٠٠٨

سعر النسخة داخل القطر ١٩٥ ل.س
في الأقطار العربية مايعادل ٣٩٠ ل.س